



PROPUESTA PARA MEJORAR LA METODOLOGÍA DE LAS EXCAVACIONES DE SÓTANOS PARA EDIFICIOS

JOHAN SEBASTIÁN CASTILLO QUIROGA 505961

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ

2021

PROPUESTA PARA MEJORAR LA METODOLOGÍA DE LAS EXCAVACIONES DE SÓTANOS PARA EDIFICIOS

JOHAN SEBASTIÁN CASTILLO QUIROGA 505961

Trabajo de trabajo de grado, para optar al título de

Ingeniero civil

Directora:
Isabel Cristina Cerón Vinasco
Ingeniera Civil

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ

2021



Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia



Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

PROGRAMA ACADÉMICO: INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIANTE: JOHAN SEBASTIÁN CASTILLO QUIROGA

CÓDIGO: 505961

DOCENTE ASESOR: ISABEL CRISTINA CERON VINASCO

ALTERNATIVA: TRABAJO DE GRADO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN INTEGRAL DINÁMICA DE LAS ORGANIZACIONES

EJE TEMÁTICO: GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE OBRAS

TÍTULO: PROPUESTA PARA MEJORAR LA METODOLOGÍA DE LAS EXCAVACIONES DE SÓTANOS PARA EDIFICIOS

Nota de Aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma de Jurado

Firma de Jurado

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1. GENERALIDADES..... | 12 |
| 1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN..... | 12 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 12 |
| 1.2.1 Antecedentes del problema | 12 |
| 1.2.2 Pregunta de investigación..... | 12 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN | 12 |
| 1.4 OBJETIVOS | 13 |
| 2. MARCO DE REFERENCIA..... | 13 |
| 2.1 MARCO TEÓRICO | 13 |
| 2.1.1 Por su profundidad | 14 |
| 2.1.2 Por su nivel de detalle..... | 16 |
| 2.1.3 Por el tipo de material excavado..... | 17 |
| 2.1.4 Por su grado de humedad | 17 |
| 2.2 MARCO CONCEPTUAL | 17 |
| 2.3 MARCO JURÍDICO | 18 |
| 2.4 ESTADO DEL ARTE | 19 |
| 3 METODOLOGÍA | 20 |
| 3.1 FASES DEL TRABAJO..... | 20 |
| 3.2 ALCANCES..... | 21 |
| Alcance | 21 |
| 3.3 RESTRICCIONES Y SUPUESTOS | 21 |
| 3.3.1 Restricciones | 21 |
| 3.4 CRONOGRAMA DE TRABAJO | 23 |
| 4. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO..... | 24 |
| 5. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL | 34 |
| 5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS..... | 34 |
| 5.1.1 Exploración del subsuelo y ensayos realizados..... | 34 |
| 5.1.2 Geología general | 35 |
| 5.1.3 Litoestratigrafía detallada | 36 |
| 5.1.3.1 Cuaternario (Qal y Qco) | 36 |
| 5.1.3.2 Cretácico (Kis y Kit) | 36 |
| 5.1.4 Geología regional | 37 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1.5 | Geomorfología | 37 |
| 5.1.6 | Perfil estratigráfico | 37 |
| 5.1.7 | Condiciones de estabilidad | 39 |
| 5.1.8 | Conclusiones y recomendaciones del apartado | 40 |
| 5.2 | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO | 40 |
| 5.2.1 | Excavación | 40 |
| 6. | ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE LA EXCAVACIÓN DE LA OBRA..... | 47 |
| 7. | ANÁLISIS DE LAS NORMAS VIGENTES QUE APLICARON AL PROYECTO PORTAL DE LA COLINA..... | 53 |
| 8. | CARACTERIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS ASOCIADAS A LA OBRA INCURRIENDO VARIACIÓN DE PRECIOS Y TIEMPO..... | 54 |
| 8.1 | Clima..... | 54 |
| 8.2 | Profundidad del sótano | 54 |
| 8.3 | Estratigrafía del suelo..... | 54 |
| 8.4 | Botadero del material excavado..... | 54 |
| 8.5 | Otros factores..... | 55 |
| 9. | PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, MAQUINARIA Y COSTOS, DE LOS SÓTANOS DEL EDIFICIO PORTAL DE LA COLINA | 55 |
| 9.1 | PRESUPUESTO PROPUESTO PARA EL AÑO 2021 | 58 |
| 10. | COMPARATIVA DE COSTOS Y TIEMPOS..... | 68 |
| | CONCLUSIONES | 72 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 73 |
| | ANEXOS..... | 75 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Apuntalamiento en excavaciones poco profundas | 14 |
| Figura 2. Muro de pantalla | 18 |
| Figura 3. Metodología..... | 20 |
| Figura 4. Fotografías externas..... | 24 |
| Figura 5. Tercer Sotano Residencial..... | 25 |
| Figura 6. Segundo Sotano Residencial..... | 25 |
| Figura 7. Primer sótano Centro Comercial..... | 26 |
| Figura 8 Planta nivel uno | 26 |
| Figura 9 Planta Nivel Cuatro..... | 27 |
| Figura 10 Planta Nivel Quinto Al Catorce..... | 28 |
| Figura 11 Apartamento Tipo A..... | 28 |
| Figura 12 Apartamento tipo B..... | 29 |
| Figura 13 Apartamento Tipo C..... | 30 |
| Figura 14 Apartamento tipo D..... | 30 |
| Figura 15 Apartamento tipo E..... | 31 |
| Figura 16 Apartamento tipo F..... | 32 |
| Figura 17 Apartamento tipo G..... | 32 |
| Figura 18 Apartamento tipo H..... | 33 |
| Figura 19 Planta Nivel Quince Área Social | 34 |
| Figura 20 Fotografía estratigrafía del Suelo..... | 35 |
| Figura 21 Geología general de la zona de estudio..... | 35 |
| Figura 22 Perfil Estratigráfico..... | 38 |
| Figura 23 Perfil Estratigráfico..... | 39 |
| Figura 24 Fotografía inicio de excavación..... | 41 |
| Figura 25 Fotografía 2014 Muros de pantalla | 42 |
| Figura 26 Fotografía 2014, Muros de pantalla | 43 |
| Figura 27 Fotografía actual de las viviendas y vía que se afectó | 44 |
| Figura 28 Piloteadora tipo kelly..... | 45 |
| Figura 29 Caisson..... | 46 |
| Figura 30 Fotografía proceso constructivo sótanos..... | 47 |
| Figura 31 Fotografía proceso constructivo sótanos..... | 47 |
| Figura 32 Retroexcavadora Hitachi ZX130 | 48 |
| Figura 33 Bobcat S185..... | 48 |
| Figura 34 Martillo Hidráulico | 49 |
| Figura 35 Excavación en rampa | 55 |
| Figura 36 Terreno Antes de la Obra..... | 57 |
| Figura 37 Retroexcavadora ZX200 | 58 |
| Figura 38 Bobcat S205 | 58 |
| Figura 39 Grafía costo vs años | 61 |
| Figura 40 Grafica DANE costo vs tiempo..... | 63 |
| Figura 41 Costo trabajadores SMMLV 2021 | 65 |
| Figura 42 Grafica aumento IPC% DANE | 67 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Altura máxima de taludes para ángulos entre 30° y 60° | 15 |
| Tabla 2 Altura máxima de taludes para ángulos entre 60° y 90° | 16 |
| Tabla 3 Cronograma de trabajo | 23 |
| Tabla 4 Tiempo en horas, Maquinaria y equipo 2014 | 48 |
| Tabla 5 APU Costo y rendimientos Maquinaria utilizada 2014 | 48 |
| Tabla 6 transporte para evacuación de material 2014 | 49 |
| Tabla 7 Herramienta y equipo 2014 | 50 |
| Tabla 8 Campamento 2014 | 50 |
| Tabla 9 Servicio de alquiler 2014 | 51 |
| Tabla 10 Contratos directos 2014 | 51 |
| Tabla 11 Mano de obra directa 2014 | 51 |
| Tabla 12 Materiales 2014 | 52 |
| Tabla 13 Concretos Proyecto portal de la Colina | 52 |
| Tabla 14 Daños edificaciones aledañas | 53 |
| Tabla 15 Ángulos para talud de rampa | 56 |
| Tabla 16 Comparación entre maquinaria utilizadas y maquinaria propuesta, cálculo del rendimiento | 58 |
| Tabla 17 Tiempo en horas, herramientas y equipos para la propuesta 2021 | 59 |
| Tabla 18 Rendimiento y costos Maquinaria y equipo 2021 | 60 |
| Tabla 19 Transporte material excavado 2021 | 60 |
| Tabla 20 Herramienta y equipo 2021 | 62 |
| Tabla 21 Materiales propuesta 2021 | 63 |
| Tabla 22 Concreto propuesta a costos 2021 | 64 |
| Tabla 23 Campamento 2021 | 64 |
| Tabla 24 Mano de obra directo 2021 | 65 |
| Tabla 25 Servicio de alquiler 2021 | 66 |
| Tabla 26 Aumento IPC(%) anual | 66 |
| Tabla 27 Contratos directos para propuesta | 67 |
| Tabla 28 Comparativa Herramientas y Equipo, Proyecto portal de la Colina vs Metodología propuesta | 68 |
| Tabla 29 Comparativa Maquinaria y equipo proyecto, metodología propuesta, costo tiempo | 69 |
| Tabla 30 Comparativa nomina, Proyecto portal de la Colina vs Metodología propuesta | 70 |
| Tabla 31 Ahorros, tiempo y costos | 71 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1 Bitácora | 75 |
| Anexo 2 Cotización Materiales..... | 76 |
| Anexo 3 Cotización Materiales Barbosa Santander | 77 |
| Anexo 4 Apu detallado Caisson | 78 |
| Anexo 5 Apu detallado Campamento..... | 78 |
| Anexo 6 Cotización concreto | 78 |

GLOSARIO

- Apuntalamientos: Se utiliza en la construcción para el proceso de apoyo de una estructura con el fin de evitar el colapso de la excavación.
- Nivel freático: Es la distancia entre el agua subterránea y la superficie, donde la presión del agua es igual a la presión atmosférica. Se puede medir con un zonda piezométrico (FRITZ, 2004)
- Pilotes: utilizado para la cimentación de obras, para transmitir cargas de la estructura a una gran profundidad de más de 6 m o bien más de 8 diámetro. (MAXORLANDO, 2018)
- Tablestacas: constituyen una de pantalla o estructura de contención flexible con elementos prefabricados pueden ser de acero, hormigón vinilo y aluminio, Se utilizan para el sostenimiento lateral del terreno, en especial en presencia de nivel freático. (TRABAJO, 2014)
- Micropilotes: se utilizan para las cimentaciones, son resistente a los esfuerzos de tracción y compresión, está compuesto por un tubo de acero colocado en el interior de un taladro para perforar en el terreno. (Marcel, 2014)

INTRODUCCIÓN

Actualmente las excavaciones en sótanos de edificios se ven cada día más utilizadas en todas las grandes ciudades del mundo cada vez más complejas y profundas, por lo que el auge de las estructuras subterráneas es una solución para aprovechamientos de espacios mayormente utilizados para parqueaderos y cuartos de máquinas. (Dong, 2014)

Se pretende estudiar los métodos de excavación utilizados, estudio de suelos, la topografía e implementación a la maquinaria para el proyecto "Portal de la colina", ejecutado por la constructora proyectos ingeniería y desarrollo, ubicado en la Cra10 #20-105 ciudad de Barbosa Santander, se revisará antes de empezar a diseñar la geometría de la excavación, el riesgo sísmico, edificaciones aledañas, para así tener en cuenta si es mayor o menor a 5 metros de profundidad, y con ello seleccionar el procedimiento de ejecución más adecuado.

En la construcción se busca la máxima seguridad para el ciudadano y el entorno ambiental, buscando la mayor eficiencia. Este proyecto se centrará en la construcción del edificio "portal de la colina" debido sus altos costos de producción, tiempos de ejecución y la sensibilidad en los edificios vecinos producidos por sus grandes cimentaciones y estabilización de taludes.

Depende las necesidades del proyecto se tendrá que tomar en cuenta las precauciones necesarias para cumplir con las especificaciones mínimas para analizar, diseñar y ejecutar una obra.

1. GENERALIDADES

1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión integral dinámica de las organizaciones

1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Antecedentes del problema

Las obras civiles que llevan excavaciones profundas en los sótanos se encuentran con una gran variedad de suelos por esto se debe hacer un estudio geotécnico y topográfico detallado para así elegir el mejor método de excavación, los muros retención a utilizar y maquinaria entre otros para dicho proyecto. (Vázquez.)

Para el estudio del proyecto se debe tener en cuenta la zona a trabajar, la comunidad, los edificios aledaños, la presencia de agua, el tiempo de ejecución de la obra, los costos y la normatividad para excavaciones en Colombia.

Un ejemplo de lo mencionado se evidencia en los hundimientos registrados en la carrera 11 con calle 98, se debe a la falla que hubo al momento de la excavación del edificio Green Office pijao ocasionado por el terreno que bordeaba la pantalla o el muro de la excavación se deslizó hacia el hueco dejado por la extracción de tierra y produjo el desplazamiento de los suelos vecinos y el sendero del parque contiguo a la obra. (E., Obra de un edificio, la causa del hundimiento en carrera 11 con 98, 2012)

1.2.2 Pregunta de investigación

Basados en un caso de estudio en la ciudad de Barbosa Santander, ¿Qué aspectos deben tenerse en cuenta para mejorar los métodos de excavación en los sótanos de los edificios?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La ingeniería forma parte fundamental del ser humano, el crecimiento poblacional aumenta exponencialmente cada día, por lo tanto, se implementa las construcciones verticales exigiendo que las edificaciones sean más altas y profundas.

Las excavaciones de sótanos para edificios producen alteraciones a la sensibilidad de los edificios vecinos, haciendo así un proceso meticuloso de grandes costos y una serie de estudios geológicos, topográficos, además de una problemática con la comunidad vecina.

En este proyecto se busca analizar y comparar el mejor método de excavación para el sótano del edificio “portal de la colina”

1.4 OBJETIVOS

GENERAL

Proponer prácticas para el mejoramiento de las excavaciones en los sótanos para edificios, basados en un caso de estudio en la ciudad de Barbosa Santander.

ESPECÍFICOS.

- Reunir información del proyecto Portal de la Colina, ubicado en Barbosa Santander, desarrollado por la constructora Proyectos Ingeniería y Desarrollo.
- Caracterizar la información recolectada desde el punto de vista de la metodología de excavación y compararla frente a las técnicas actuales de excavación.
- Proponer las mejoras en los procesos de excavación utilizados para proyectos con características similares al caso de estudio.
- Comparar e identificar los beneficios de costo y tiempo entre el proceso utilizado en el edificio Portal de la Colina y el escenario supuesto, en el que se propone mejorar.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

En las excavaciones se clasifican por cuatro tipos.

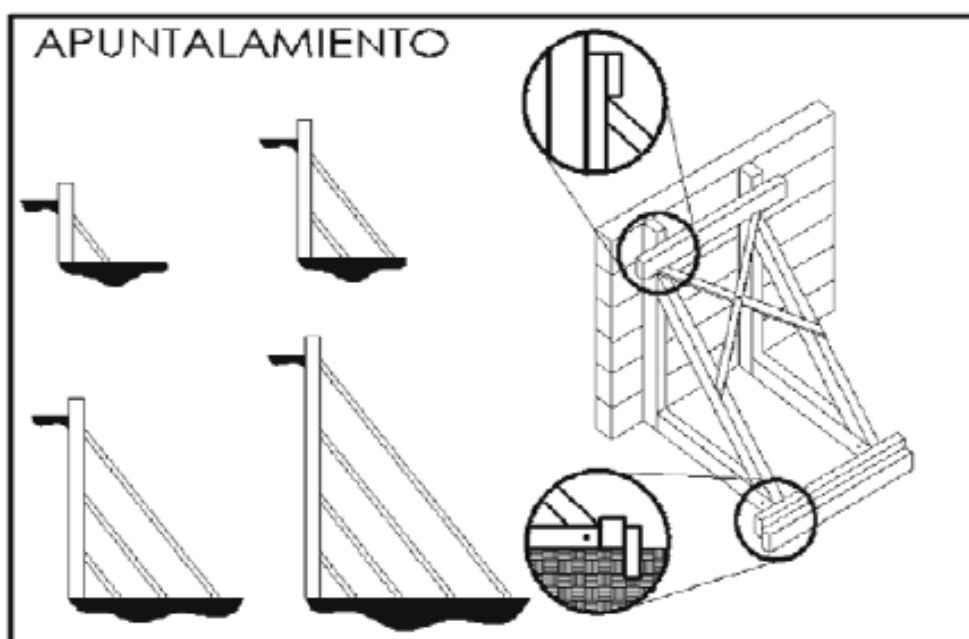
- Por su profundidad
- Por su nivel de detalle
- Por tipo de material excavado
- Por su grado de humedad

2.1.1 Por su profundidad

Las hay de dos clases, poco profundas y profundas

Las poco profundas se refiere a excavaciones que no superan los cinco metros de profundidad, se pueden ejecutar con maquinaria amarilla o a mano, haciendo construcción de rampas para la evacuación del material, teniendo en cuenta la estabilización de taludes durante el proceso, con apuntalamientos debido a su fácil uso de montaje y desmontaje.

Figura 1. Apuntalamiento en excavaciones poco profundas



(JAAFAR, 2009)

Las profundas son las excavaciones que superan los cinco metros de profundidad generalmente se hace con maquinaria amarilla pesada se deben tener en cuenta, la protección de taludes y rampas para el retiro del material sobrante.

Para la ejecución de este tipo de excavaciones se deben tomar precauciones para el desprendimiento de tierra y así evitar el riesgo para los trabajadores utilizando métodos como: pilotes, tablestacas, micropilotes, caisson, entre otros. (Saucedo) Los cortes para altura máxima están establecidos en la tabla 1.

Tabla 1 Altura máxima de taludes para ángulos entre 30° y 60°

| Tipo de terreno | Angulo de talud | Resistencia a compresión simple R_u en kg/cm^2 | | | | |
|---|-----------------|---|-------|-------|-------|--------------|
| | | 0,250 | 0,375 | 0,500 | 0,625 | $\geq 0,750$ |
| | | H máx en metros | | | | |
| Arcilla y limos muy plásticos | 30 | 2,40 | 4,60 | 6,80 | 7,00 | 7,00 |
| | 45 | 2,40 | 4,00 | 5,70 | 7,00 | 7,00 |
| | 60 | 2,40 | 3,60 | 4,90 | 6,30 | 7,00 |
| Arcilla y limos de plasticidad media | 30 | 2,40 | 4,90 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| | 45 | 2,40 | 4,10 | 5,90 | 7,00 | 7,00 |
| | 60 | 2,40 | 3,60 | 4,90 | 6,30 | 7,00 |
| Arcilla y limos poco plásticos, arcillas arenosas y arenas arcillosas | 30 | 4,50 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| | 45 | 3,20 | 5,40 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| | 60 | 2,50 | 3,90 | 5,30 | 6,80 | 7,00 |

Fuente: Norma Tecnológica NTE-ADZ/1976, Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos.

Para ángulos comprendidos entre 60° y 90° (talud vertical) las alturas máximas se emplean por la tabla 2

Tabla 2 Altura máxima de taludes para ángulos entre 60° y 90°

| Resistencia a compresión simple R_u en kg/cm^2 | Peso específico en g/cm^3 | | | | |
|---|------------------------------------|------|------|------|------|
| | 2,20 | 2,10 | 2,00 | 1,90 | 1,80 |
| | H máx en metros | | | | |
| 0,250 | 1,06 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,25 |
| 0,300 | 1,30 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,50 |
| 0,400 | 1,70 | 1,80 | 1,90 | 2,00 | 2,10 |
| 0,500 | 2,10 | 2,20 | 2,30 | 2,45 | 2,60 |
| 0,600 | 2,60 | 2,70 | 2,80 | 2,95 | 3,10 |
| 0,700 | 3,00 | 3,15 | 3,30 | 3,50 | 3,70 |
| 0,800 | 3,40 | 3,60 | 3,80 | 4,00 | 4,20 |
| 0,900 | 3,90 | 4,05 | 4,20 | 4,45 | 4,70 |
| 1,000 | 4,30 | 4,50 | 4,70 | 4,95 | 5,20 |
| 1,100 | 4,70 | 4,95 | 5,20 | 5,20 | 5,20 |
| $\geq 1,200$ | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,20 |

Fuente: Norma Tecnológica NTE-ADZ/1976, Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos.

2.1.2 Por su nivel de detalle

- Excavación masiva

Se utiliza para hacer movimientos de tierra de gran magnitud, usualmente se emplea maquinaria amarilla pesada con una potencia mayor de 80hp, así generando un mayor rendimiento en obra, el rendimiento de corte aproximado oscila entre 105 y 125 metros cúbicos por hora, esto depende de factores como lo son: el tipo de suelo, ubicación geográfica, tipo de maquinaria, versatilidad del operario. (ALCALÁ, 2017)

- Excavación estructural

El material que se remueve es de menor magnitud, se realiza para los cortes de cimentación. Los rendimientos de excavación son menores oscilan entre 40 y 55 metros cúbicos por hora, se puede utilizar maquinaria con una potencia inferior o mayor a 80hp, se debe detallar y respetar las longitudes establecidas y la profundidad

- Excavación en Rampa

Consiste en una rampa utilizada para la evacuación del material en volquetas, esta es la última alternativa a realizar, depende de la profundidad, la maquinaria a utilizar y el acceso para estos vehículos, los rendimientos aproximados oscilan entre 50 y 60 metros cúbicos por hora.

2.1.3 Por el tipo de material excavado

- Excavación en roca

La roca es un material sólido formado por uno o más minerales lo cual su dureza hace que no sea sencilla se hace con demoliciones controladas o por medio de fracturas y cuñas, según la zona o características de la roca.

- Excavación en tierra

Se encuentran materiales de suelo como: arcilla, limo, arena, cascajo, se pueden hacer por medio manual con picos y palas o con maquinaria.

2.1.4 Por su grado de humedad

Son las excavaciones que van por debajo del nivel freático y se necesita de un bombeo de evacuación continuo de agua, esto es independiente a las fugas de agua por alcantarillado y lluvias.

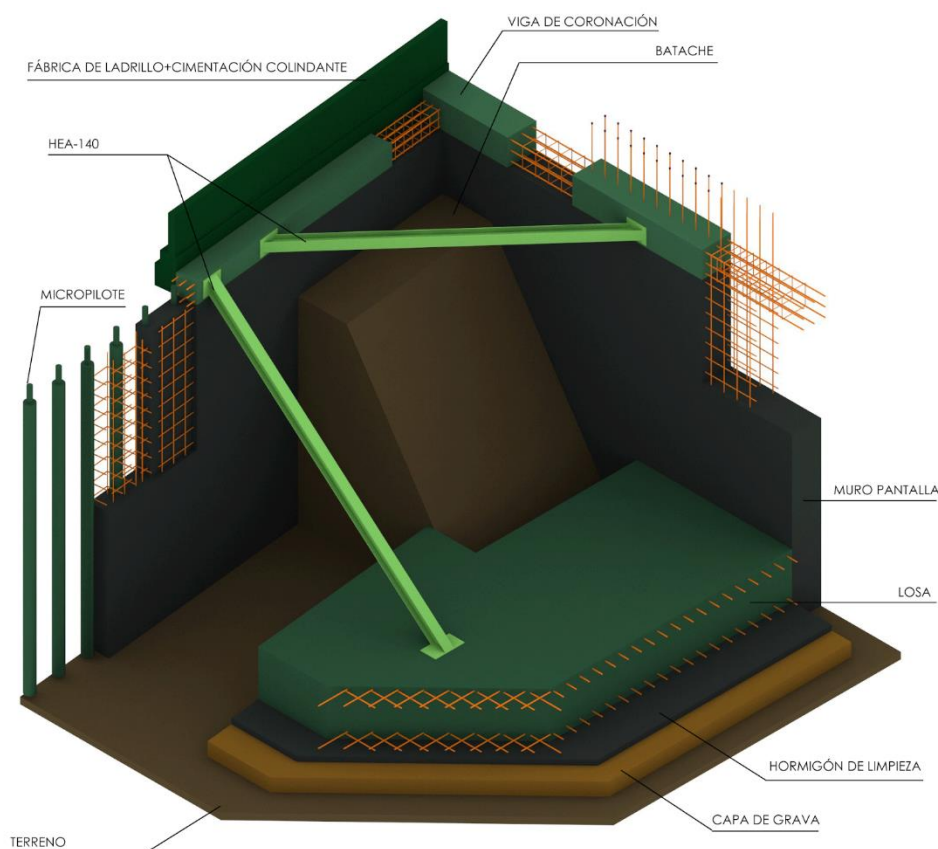
2.2 MARCO CONCEPTUAL

Al hacer excavaciones, las paredes no pueden sostenerse solas, se requieren una estructura estabilizadora, como solución a esto se hacen Muros de pantalla, estas son unas estructuras de contención de terreno, para la estabilización de los taludes de la excavación como lo presenta el autor (SOLIS, 2019)

Los muros de pantalla los cuales se encuentran en interacción de empujes con el terreno, agua y cargas en cuerdo con el autor (ANGULO, 2017)

Usualmente se construyen de 4.5m a 5.0m de largo por 3.0m de altura, empalmándolos con otros paneles a medida que avanza para cada nivel de la excavación, concluido por. (TORRES, 2015)

Figura 2. Muro de pantalla



(Montero, 2014)

2.3 MARCO JURÍDICO

En esta investigación se realiza dentro del marco legal por las siguientes normas, las cuales se enuncian en los siguientes artículos y resoluciones

- Resolución 2400 de 1979
- Resolución 2413 de 1979
- Resolución 541 de 1994
- Mediante Ley 41 de 1993 Ley 1152 de 2007 se organiza el subsector de adecuación de tierras, se señala las directrices para la Administración, Operación y Mantenimiento de los Distritos.

- A través de la Ley 99 de 1993, se establece entre otras las funciones de la Corporación, como Autoridad Ambiental.
- Con Acuerdo CAR 010 de 2006, la corporación modifica el reglamento interno del Distrito de Riego y Drenaje – Acuerdo 003 de 2005.
- Resolución 2400 mayo de 1979 • Resolución 2413 de 1979

2.4 ESTADO DEL ARTE

- En Guatemala, actualmente la excavación de sótanos, se da en su mayoría en edificios, ya que éstos dan una buena opción para la solución de problemas de espacio el autor presenta como objetivo aportar información sobre la metodología en ejecución y control de exacciones en sótanos y concluye sobre su investigación que;
Se deben cumplir con todos los aspectos legales establecidos para la ejecución del proyecto, asegurarse de hacer el debido estudio de los suelos y la topografía del terreno, para hacer la selección apropiada del método adecuado. (Barrios, 2011)
- Con más frecuencia se evidencia que las edificaciones tienen a ser de gran dimensión, se obtén por medidas de crecimiento vertical por falta de espacio urbano en la ciudad, a causa de esta necesidad se necesita de una cimentación no convencionales sino más complejas y de mayor profundidad, para un estrato del suelo con mayor capacidad, se busca estabilización de taludes con mayor eficiencia.
En este artículo se busca identificar el mejor método para la estabilidad de excavaciones profundas, en su investigación el autor concluye, que los diseños geotécnicos de los muros de pantalla anclados y las calzaduras aplicado a este, se identifica que el sistema de calzaduras es el mejor método de aplicación, ya que el diseño corresponde a las características del suelo y en las estructuras aledañas. (SOLIS, 2019)
- La alta sensibilidad de los edificios vecinos a los movimientos y tensiones producidas en las excavaciones por la falta de medios y criterios de cálculo al diseñar estos sistemas de contención, producen con más frecuencia lesiones a las edificaciones vecinas.
El objetivo de esta investigación es el comportamiento, estudio y determinación de los cuatro sistemas principales: excavación - contención - terreno – edificio colindante. Como conclusión el autor detecta, en los usos habituales de diseño de pantallas actuales en edificaciones, se diseñan con rigideces relativas muy altas, se comprueba que si se reduce el valor de la rigidez del sistema de contención puede ser muy peligroso, y aumentarlo no resulta eficaz. (Carrera, 2015)

- Los muros de Milán o muro de pantalla, se ven cada vez más implementados en los diferentes sectores de la ingeniería civil, al principio se empleaban únicamente para la construcción de cortinas impermeables, actualmente se utilizan en estructuras portantes, muros de contención, etc. Haciendo una solución para estructuras de sótanos, como objetivo de esta tesis dar a conocer las aplicaciones del muro de Milán y algunos aspectos geotécnicos para la cimentación

Se concluye que es de gran importancia el estudio del suelo, la estabilidad de las paredes de la excavación, tener en cuenta todos los riesgos de falla de esta, para un debido aplacamiento del muro de Milán. (LÓPEZ, 2012)

- Para el diseño y construcción de una excavación se requiere conocer la topografía donde se va a realizar la obra, las condiciones del subsuelo, del nivel freático, el riesgo sísmico, la protección de servicios públicos y edificaciones aledañas.

Tener en cuenta si son excavaciones profundas o no profundas, para definir el tipo de excavación que se realizara, el autor concluye el muro Milán para una excavación profunda, tanto el Método de Módulo de Reacción como el Método del Elemento Finito; ambos dan resultados similares teniendo procedimientos de cálculo distintos. (ANGULO, 2017)

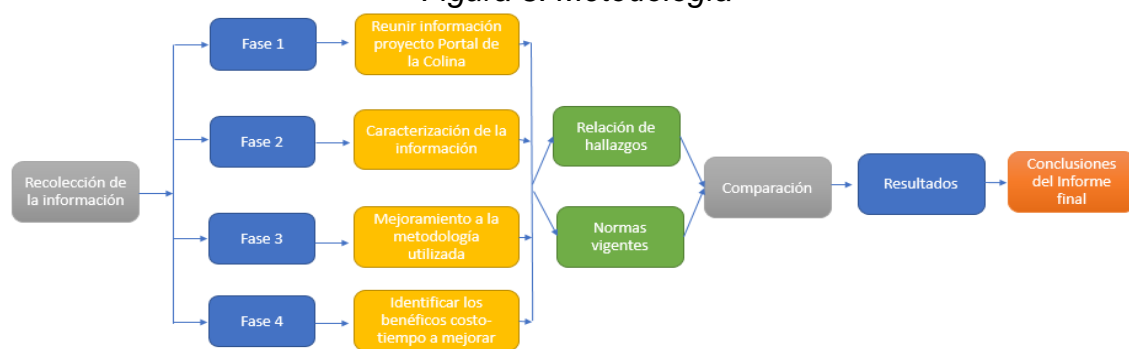
- En este proyecto el autor propone desarrollar un garaje doble, de uno ya existente y reducir un nivel de sótano, para crear un segundo nivel de sótano, se lleva a cabo una investigación para proporcionar información sobre el subsuelo con condiciones y parámetros geotécnicos.

Se exponen los detalles para el desarrollo de una primera fase del trabajo de campo, evaluando las condiciones iniciales del terreno pertinentes al desarrollo propuesto. (WALK, 2012)

3 METODOLOGÍA

3.1 FASES DEL TRABAJO

Figura 3. Metodología



Fuente: Elaboración propia

- Recolección de información, técnica, histórica, administrativa e información adquirida por estudios y trabajos de grado ya nombrados.
- Análisis de la información recolectada a la constructora proyectos ingeniería y desarrollo, en el edificio “portal de la colina” para determinar mejoras a plantear por este proyecto.
- Formulación de la pregunta de investigación, estrategias a realizar.
- Relación de los hallazgos de obra ya realizados, para recopilación del proyecto Portal de la Colina.
- Determinar las normas vigentes que se aplicaran a este proyecto, evitando sanciones disciplinarias y velando por la seguridad del trabajador.
- Comparación de resultados y conclusiones del proyecto, mejoramiento a la metodología de excavación a aplicar, haciendo un mejor rendimiento en tiempos de obra y costos de operación.

3.2 ALCANCES

Alcance

El proyecto en desarrollo tiene como alcance analizar la obra ubicada en la Cra10 #20-105 en la ciudad de Barbosa Santander, con 3 pisos de sótanos en el edificio.

Lo puntual de esta investigación es conocer, el método que se utilizó para la excavación, tiempos de operación, maquinaria utilizada, costos y estabilización de Talud de dicha obra (LEÓN, 2013).

3.3 RESTRICCIONES Y SUPUESTOS

3.3.1 Restricciones

Estas serán las limitaciones de este proceso de investigación.

- i) Se restringe información relacionada con acuerdos de confiabilidad por la constructora proyectos ingeniería y desarrollo.
- ii) Limitación de tiempo para la elaboración de la tesis ya que contamos con un aproximado de cuatro (4) meses de investigación.
- iii) Este proyecto se limita a la selección del mejor método de excavación, para reducción de tiempos y costos del edificio “Portal de la colina”.
- iv) Se restringe información por parte de la constructora, de cantidades de obra para aceros y concretos.

- v) Se limita el estudio de suelos y se toma como referencia un proyecto a 70 metros, por la empresa INVERSIONES MG LTDA, por causa de pérdida de información de la constructora Proyecto de Ingeniería y Desarrollo, por el fallecimiento del Ingeniero residente.

3.3.2 Supuestos

I. Supuestos en términos de costos.

Todos los costos se manejarán en moneda colombiana.

El contrato de micropilotaje se manejó a todo costo, por ende, no se presentará el apu del contrato detallado.

Se mantiene la cantidad y variedad de herramienta menor propuesta por la constructora, con valor aproximado de \$8.000.000; pero se traen a costos actuales

II. Supuestos en términos de duración de tiempo.

Los tiempos para rendimientos de equipos y maquinaria se toman directamente de la página oficial de los fabricantes y experiencia propia.

III. Supuestos en procesos constructivos.

Las cantidades de obra con respecto a acero y concreto, son los mismos presentados por la constructora. Representas en 300 toneladas en variedades de acero, 5 toneladas de alambre negro para amarre y $2188m^3$ de concreto de 3.500psi, ya que no se cambiará el dimensionamiento ni cantidad para la hechura de los Caisson, zapatas, vigas de amarre y muro de pantalla, por ende, las cantidades de acero y concreto son las mismas y se desestima el cálculo de los ya mencionados. Estas cantidades no aplican al proceso constructivo de los micropilotes, ya que la empresa encargada de dicho proceso los elaboro a todo costo.

Se maneja la misma cuadrilla de trabajadores presentada por la constructora para la hechura de los sótanos, pero se trae a costos actuales y tiempos para la metodología a proponer.

3.4 CRONOGRAMA DE TRABAJO

Tabla 3 Cronograma de trabajo

| ACTIVIDAD | SEMANAS | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|--|
| | Febrero | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | |
| | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | |
| Selección de la obra a trabajar | | | | | | | | | | | | | | |
| Visita técnica a la obra en ejecución o por ejecutar | | | | | | | | | | | | | | |
| Recolección de la información | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis del estudio topográfico | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis del muestreo de suelos | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de la maquinaria | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudio de presupuestos | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudio de comunidad y estructuras vecinas | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudio de aplicación de las normas vigentes | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis del método de excavación utilizado | | | | | | | | | | | | | | |
| Comparación con los métodos de excavación propuestos | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de los resultados obtenidos | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración y conclusión del proyecto final | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

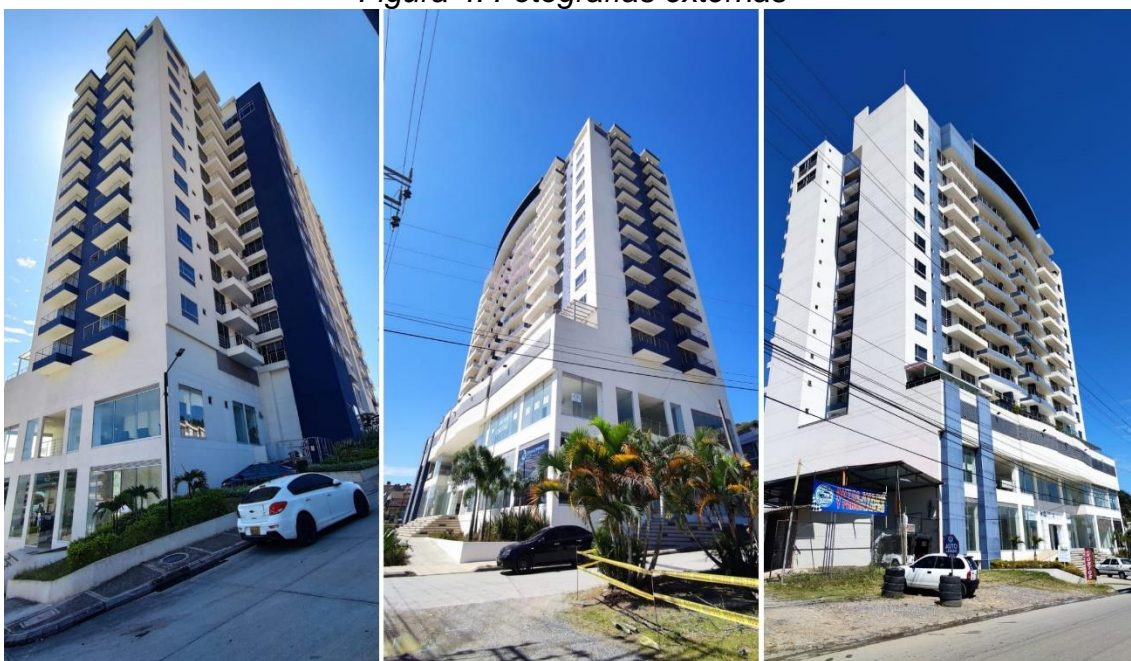
4. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

Descripción General

El edificio Portal de la Colina se encuentra ubicado en Barbosa Santander Cra10 #20-105 con coordenadas 5°56'25.1"N 73°36'47.7"W, tiene un área cuadrada de $1141m^2$, consta de 88 apartamentos tipo residencial y 35 locales comerciales. La estructura está dividida en las siguientes áreas de 3 sótanos con dos accesos, uno por la carrera 10 y otro por la calle 21, para un total de 15 pisos y una cubierta adicional.

A continuación se presenta la imagen de la fachada del edificio el cual esta tesis analiza, con diferentes ángulos **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 4. Fotografías externas



Fuente: Propia

El edificio está dividido de la siguiente manera, sótano 1 2 y 3 son parqueadero, la siguiente planta 1 y planta 2 son comerciales, planta 3 parqueadero y de la planta 4 a la 14 son apartamentos y por último la planta 15 y cubierta, son para recreación.

Desde el sótano 3 hasta la planta 15 encontramos un sistema de seguridad para incendios con su respectiva caja para manguera de agua, extintores y hacha.

- El sótano 3, tiene 32 parqueaderos para residentes y 2 para visitantes, contienen dos accesos para personas los cuales tiene elevador y escaleras para subir a los siguientes niveles, también se encuentra los 4 tanque de almacenamiento de agua, cada uno de 40.000litros y las

plantas de bombeo de agua, además la planta de energía que abastece todo el edificio, en caso de que no halla luz. Adicional cada apartamento tiene su parqueadero con respectiva bodega. La entrada al parqueadero se encuentra por la calle 21 #10. Figura 5

Figura 5. Tercer Sotano Residencial

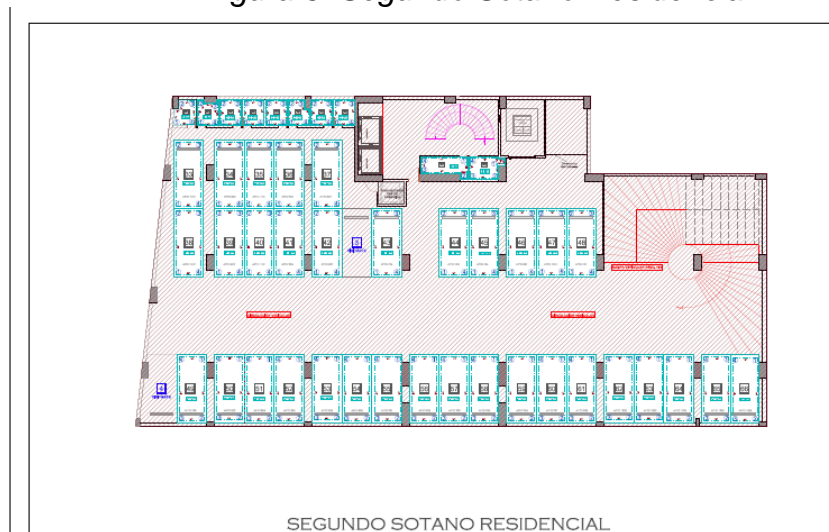


TERCER SOTANO RESIDENCIAL

Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

- El sótano 2, tiene 34 parqueaderos para residentes y dos para visitantes, con sus respectivas bodegas para apartamentos, contienen dos accesos para personas los cuales tienen su respectivo ascensor y escaleras para subir a los siguientes niveles. También se encuentra el cuarto de contadores de energía eléctrica para apartamentos y el contador del edificio de áreas comunes. Con un acceso vehicular por la calle 21 #10. Figura 6

Figura 6. Segundo Sotano Residencial

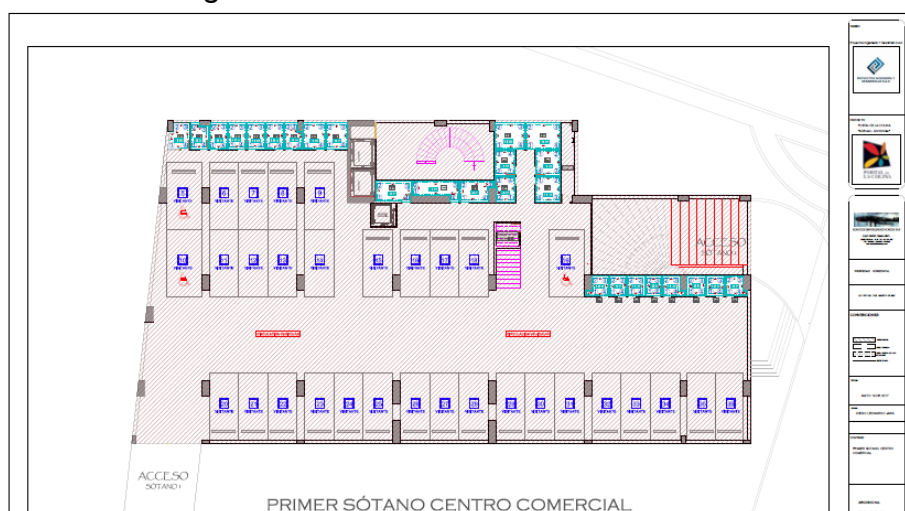


SEGUNDO SOTANO RESIDENCIAL

Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

- El sótano 1, tiene 32 parqueaderos de visitantes y propietarios o arrendatarios de los locales comerciales con su respectiva bodega enumerada, contienen dos accesos para personas los cuales tiene ascensor independiente para subir al área comercial y escaleras para los siguientes niveles. Figura 7

Figura 7. Primer sótano Centro Comercial



Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

- Planta nivel 1, Se encuentra la entrada principal al edificio, contiene una sala de uso común y 12 locales comerciales tamaño grande y 5 tamaño pequeño, también acceso al ascensor independiente y escaleras que van desde el sótano 1, planta 1 hasta planta 2. Figura 8

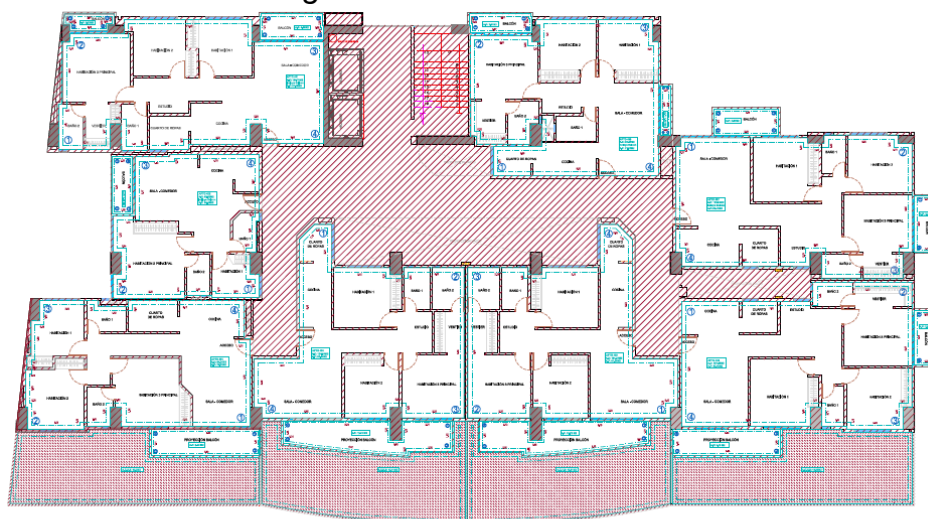
Figura 8 Planta nivel uno



Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

- Planta nivel 2. Se encuentra la plazoleta de comida, baños de área común y 18 locales comerciales, con acceso por la escalera y ascensor que comunican la planta 1 y sótano 1, adicional un pasillo que comunica a la recepción y ascensor para el área de apartamentos.
- Planta nivel 3. Hay 35 parqueaderos para residente con su respectiva bodega enumerada y 2 parqueaderos para visitantes, también se encuentra el cuarto de basura para la basura, y reciclaje para los residentes.
- Planta nivel 4 Se encuentran 8 tipo de apartamentos, de los cuales 4 apartamento tienen su balcón independiente de mayor área cuadrada, en este piso encontramos su respectivo ascensor y escaleras en caso de emergencia, también sistema de reigo contra incendios. Figura 9

Figura 9 Planta Nivel Cuatro

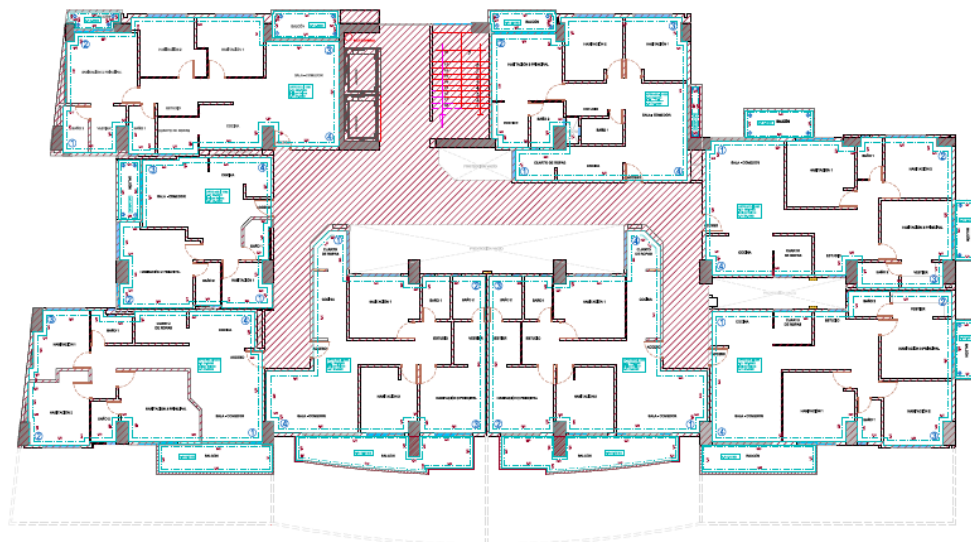


PLANTA NIVEL CUATRO

Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

- De la planta 5 a la planta 14 se encuentran los diferentes 8 tipos de apartamentos por planta con su sistema de riesgos en caso de desastres naturales o incendios inducidos. Figura 10.

Figura 10 Planta Nivel Quinto Al Catorce



PLANTA DEL NIVEL QUINTO AL CATORCE

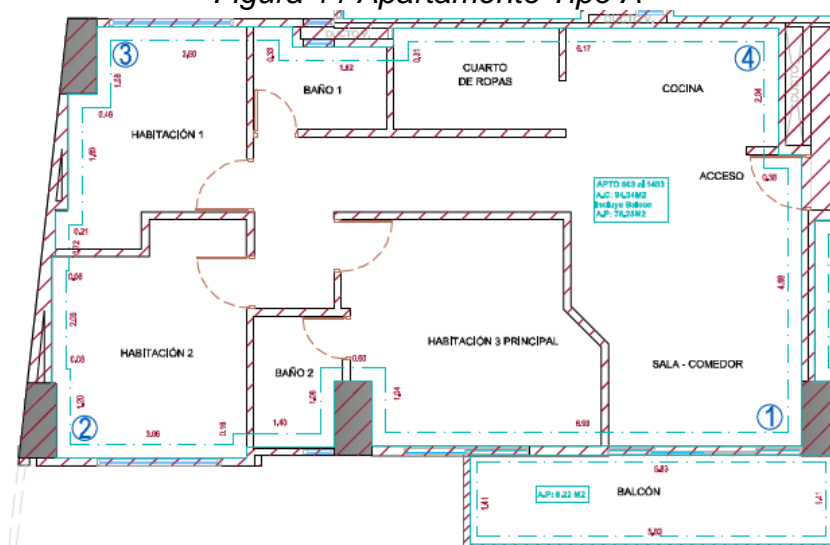
Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

Descripción de los tipos de apartamentos.

- Tipo A

Va desde el Apartamento 503 al 1403, con un área construida incluyendo balcón de $93,34m^2$ el cual consta de 3 habitaciones y dos baños, la habitación principal tiene su baño privado y cuarto de vestier también sala comedor, cocina y un cuarto de ropas. Figura 11

Figura 11 Apartamento Tipo A

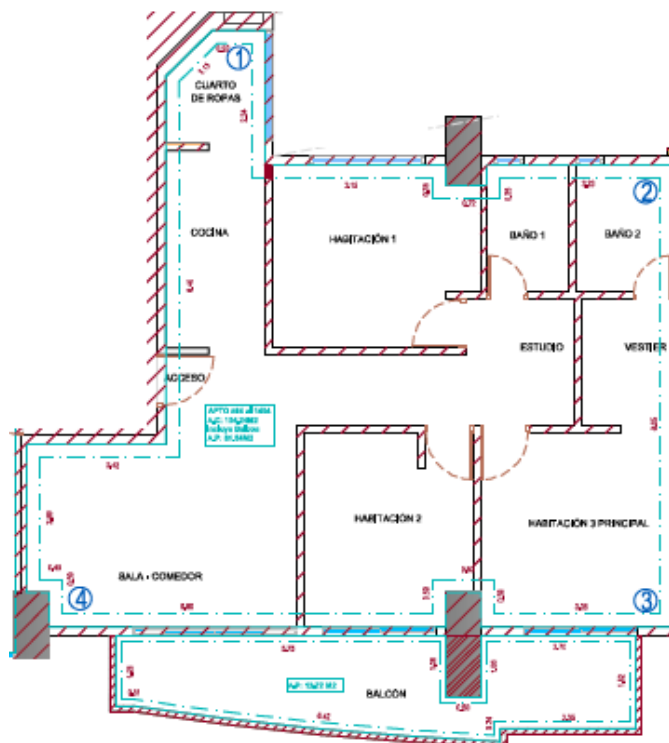


Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

○ Tipo B

Va desde el Apartamento 504 al 1404, con un área construida de $104,24m^2$ incluyendo el balcón, el apartamento consta de una habitación principal con su respectivo baño y cuarto de vestier, dos habitaciones, un baño compartido, sala comedor, cocina y cuarto de ropas. Figura 12

Figura 12 Apartamento tipo B

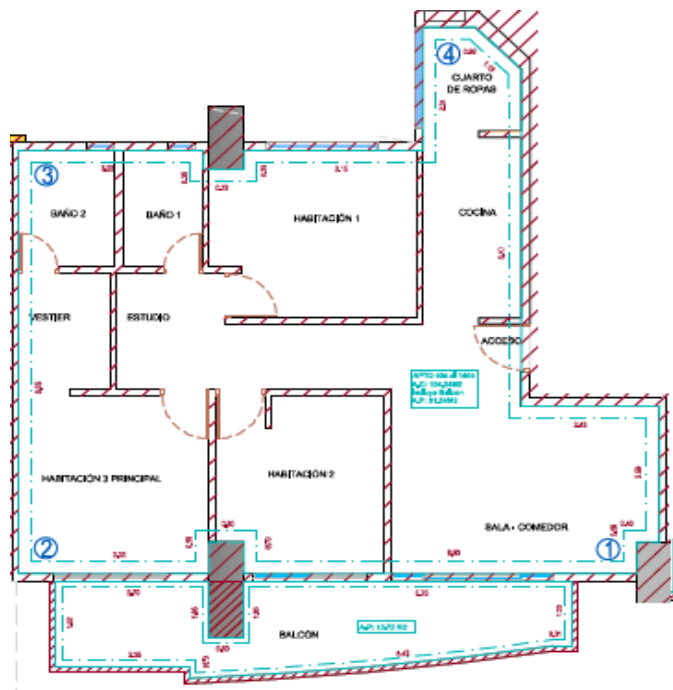


Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

○ Tipo C

El plano de la figura 13, va desde el Apartamento 505 al 1405, comparte el diseño de distribución con el Tipo B, con un área construida $104,24m^2$ incluyendo el balcón, el apartamento consta de una habitación principal con su respectivo baño y cuarto de vestier, dos habitaciones, un baño compartido, sala comedor, cocina, cuarto de ropas y un espacio de estudio. Figura 13

Figura 13 Apartamento Tipo C

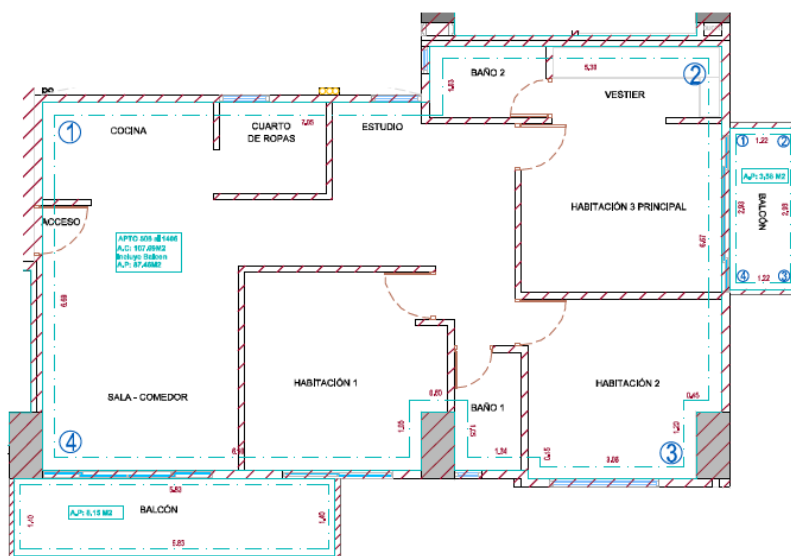


Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

○ Tipo D

Va desde el apartamento 506 al 1406 con un área construida de $107,694m^2$ incluyendo dos balcones, el apartamento consta de una habitación principal con un cuarto de vestier, baño y balcón privado, dos habitaciones, un baño compartido, sala comedor, cocina, cuarto de ropas y un estudio. Figura 14

Figura 14 Apartamento tipo D

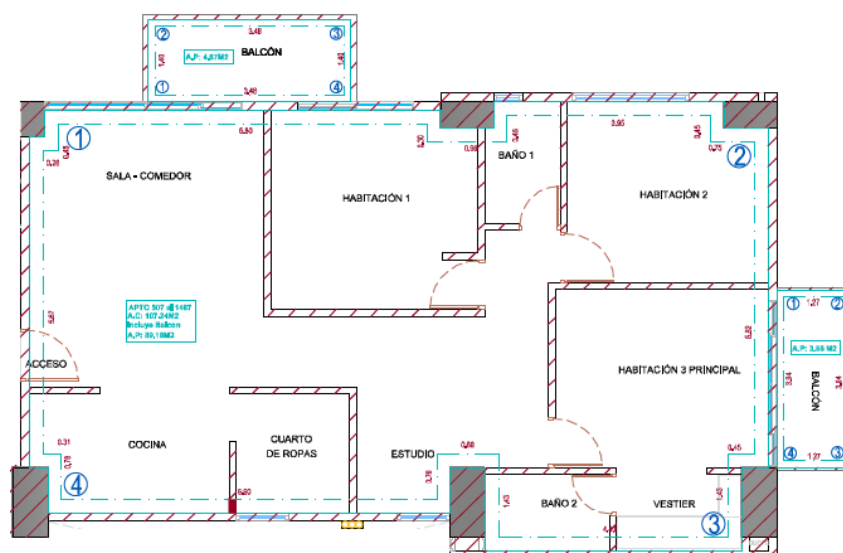


Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

○ Tipo E

Va desde el apartamento 507 al 1407 comparte el diseño de distribución con el Tipo D, con un área construida de $107,24m^2$ incluyendo dos balcones, el apartamento consta de una habitación principal con un cuarto de vestier, baño y balcón privado, dos habitaciones, un baño compartido, sala comedor, cocina, cuarto de ropas y un estudio. Figura 15

Figura 15 Apartamento tipo E

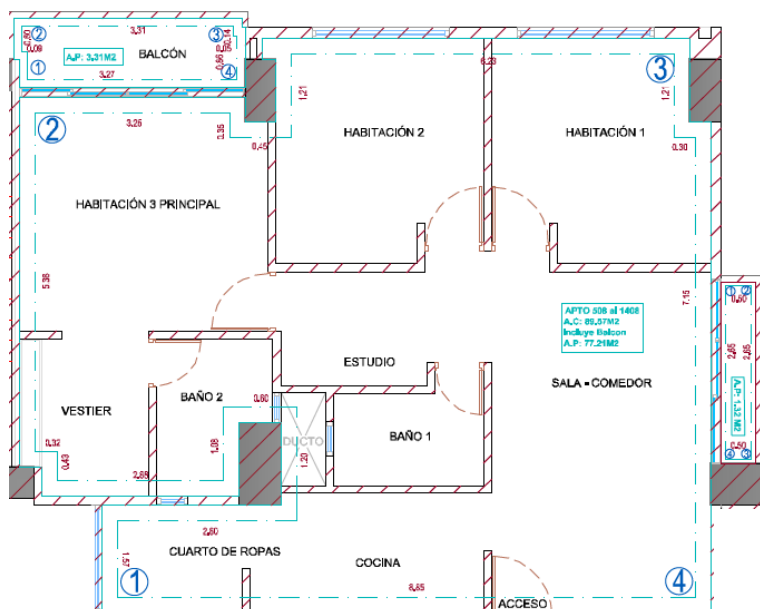


Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

○ Tipo F

Va desde el Apartamento 508 al 1408, con un área construida $89,57m^2$ incluyendo el balcón, el apartamento consta de una habitación principal con su respectivo baño y cuarto de vestier, dos habitaciones más, un baño compartido, sala comedor, cocina, cuarto de ropas y un espacio de estudio. Figura 16.

Figura 16 Apartamento tipo F

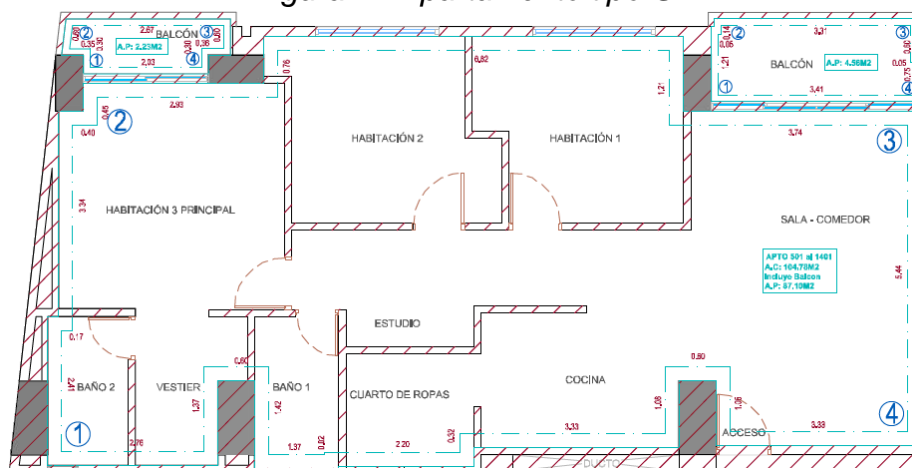


Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

○ Tipo G

Están desde el Apartamento 501 al 1401, con un área construida $104,78m^2$ incluyendo el balcón, el apartamento consta de una habitación principal con su respectivo baño y cuarto de vestier, dos habitaciones más, un baño compartido, sala comedor, cocina, cuarto de ropas y un espacio de estudio. Figura 17.

Figura 17 Apartamento tipo G

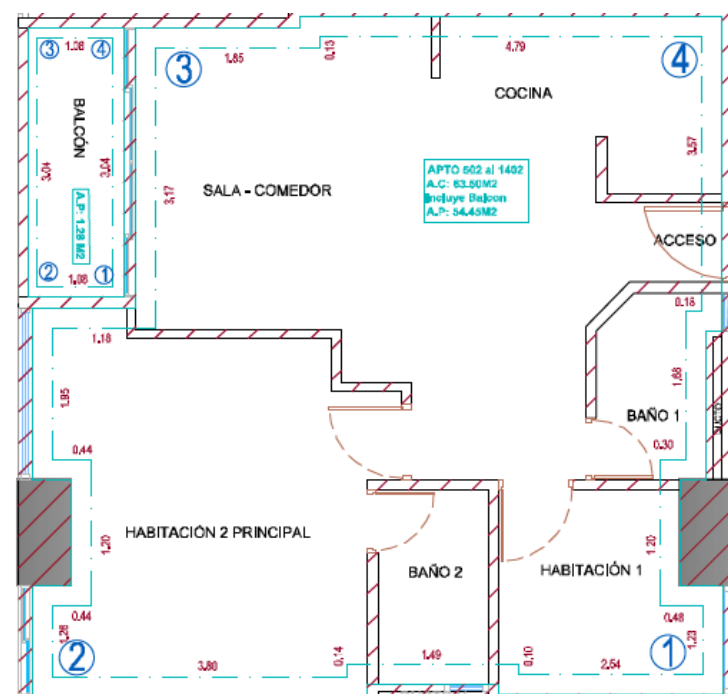


Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

○ Tipo H

Están desde el Apartamento 502 al 1402, con un área construida $63,50m^2$ incluyendo el balcón, el apartamento consta de una habitación principal con su respectivo baño, una segunda habitación, un baño compartido, sala comedor y cocina. Figura 18

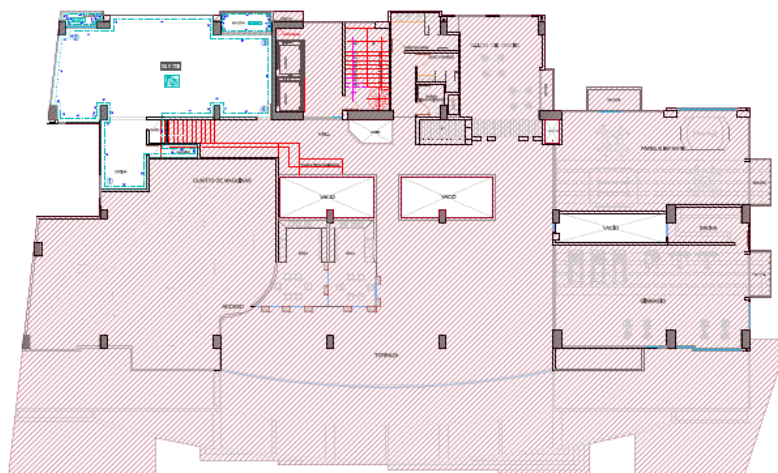
Figura 18 Apartamento tipo H



Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

- La planta nivel 15. Se encuentra el área recreacional el cual consta de 1 piscina de $40m^3$, jacuzzi, salón de eventos para residentes, área para deporte, gimnasio de uso común. De lo ya nombrado se encuentra en proceso de construcción u obra gris. También están los tanques de acumulación de agua caliente por paneles solares, distribuidos en 3 tanques, con 3000litros cada uno. Figura19

Figura 19 Planta Nivel Quince Área Social



PLANTA NIVEL QUINCE ÁREA SOCIAL
ESC. 1:50

Fuente: Otorgado por: Diego Leonardo Jara

5. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presenta el siguiente estudio de suelos y análisis de cimentación, a cargo de la obra, se optó y analizo el estudio desarrollado por la empresa INVERSIONES MG LTDA, para el proyecto vecino a 70 metros del proyecto Portal de la Colina, en el sector de la "Y" municipio de Barbosa Santander; este municipio se encuentra a una altura de 1610 msnm, con una temperatura media de 20°C. Con topografía tipo montañoso ondulado, haciendo parte de la vertiente occidental del Rio Suárez.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS

A continuación, se presenta un detallado de los ensayos realizados en la zona.

5.1.1 Exploración del subsuelo y ensayos realizados

Para la exploración del suelo se efectuaron 8 perforaciones, alcanzando profundidades entre 23 y 29 metros bajo la superficie, fueron realizados con equipos motorizados y rotatorios con broca de diamante BX, Se hicieron ensayos de veleta de corte de campo y ensayos de resistencia a la penetración estándar SPT.

Mapa de la zona de estudio en el departamento de Santander, Colombia. El mapa muestra la zona de estudio en un recuadro rojo, ubicada cerca de la frontera con Venezuela. Se indican las ciudades de Barranquilla y Bucaramanga, y las vías principales como la Vía a la Guadalupe y la Vía a la Guadalupe. Se incluyen también las coordenadas geográficas y una escala de 0 a 100 km.

La roca aflorantes en la región en su totalidad es son tipo sedimentarias, corresponden a su secuencia estratigráficas de ambientes continental y marino, constituido por la formación paja (Kip), formación Tablazo (kit), formación Simití (kis) y formación arenisca de Chiquinquirá (kichi) de edad Cretática, también depósitos cuaternarios de tipo aluvial (Qal), coluvial (Qco) y fluvioglacial (Qfg).

5.1.3 Litoestratigrafía detallada

5.1.3.1 Cuaternario (Qal y Qco)

Representado en la región por depósitos aluviales (Qal) y por depósitos de origen coluvial (Qco).

Los depósitos aluviales (Qal), Se componen principalmente de sedimentos de espesor variable que van desde limos hasta arenas de grano grueso, con intercalaciones de arcillas que se disponen de formas de capas de interestraticadas, están cubiertas por un delgado nivel de gravas finas de poco espesor y alto contenido de hierro.

Los depósitos coluviales (Qco), Se componen de fragmentos angulares y heterométricos de areniscas, limo arcillosas.

5.1.3.2 Cretácico (Kis y Kit)

Formación Simití (kis): Está compuesta por seis segmentos

Segmento A: constituido por arcillolitas arenosas abigarradas, con Muscovita.

Segmento B: Constituido por bancos de caliza, maciza y fosilífera, también arenisca gris con yeso y muscovita.

Segmento C: Constituido por capas gruesas de arenisca cuarzosas, de grano fino con muscovita e arcillolitas, con espesor del segmento de 25m.

Segmento D: Constituido por una alternancia de calizas en capas gruesas con arcillolitas y areniscas micáceas y oxidadas.

Segmento E: Constituido por una alternancia de lulitas con arenisca y caliza en capas gruesas.

Segmento F: constituido en su mayoría por shales, con nódulos arcillosos e intercalaciones de calcoarenitas.

Formación Tablazo (kit): Está compuesta por Calizas y lodolitas calcáreas fosilíferas, macizas. Presenta topografía escarpada que contrasta con la morfología suavemente ondulada infra y suprayacentes.

5.1.4 Geología regional

En esta región más específicamente en Barbosa Santander, es posible diferenciar cuatro grandes bloques tectónicos. Anticlinorio de Coper, Sinclínorio de Chiquinquirá, Anticlinorio de Arcabuco y Sinclínorio de Tunja.

En esta área se encuentra falla de Peña Blanca y el Sinclinal comprendida entre Chiquinquirá y San José de Pare.

5.1.5 Geomorfología

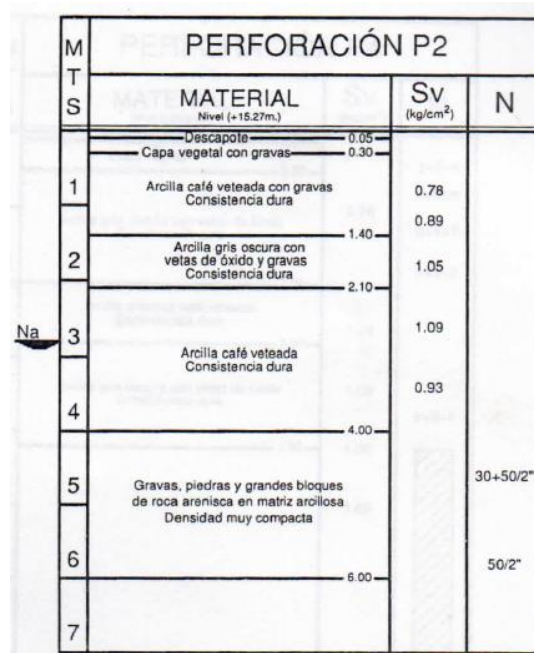
En el sector estudiado un único tipo de modelado geomorfológico determinado por la presencia de coluviones.

5.1.6 Perfil estratigráfico

- a. Superficialmente aparecen rellenos en tierras varias, con gravas y la capa vegetal, con espesores en conjunto que varían entre 0.3 y 0.6 m.
- b. Hay luego arcillas y arcillas arenosas de color gris oscuro, gris y café, con una consistencia dura, que llegan a profundidades que varían entre 1.5 y 4.6 m bajo la superficie.
- c. Se encuentra luego un depósito coluvial conformado por gravas, piedras y grandes bloques de roca arenisca en matriz arcillosa y arcilloarenosa de color gris y café. Este depósito tiene una densidad muy compacta y llega a profundidades que varían entre 6 y 15 m bajo la superficie.
- d. Se encuentra por último la arcillolita arenosa que corresponde a la Formación Simití, la cual alcanza a la profundidad de investigación.

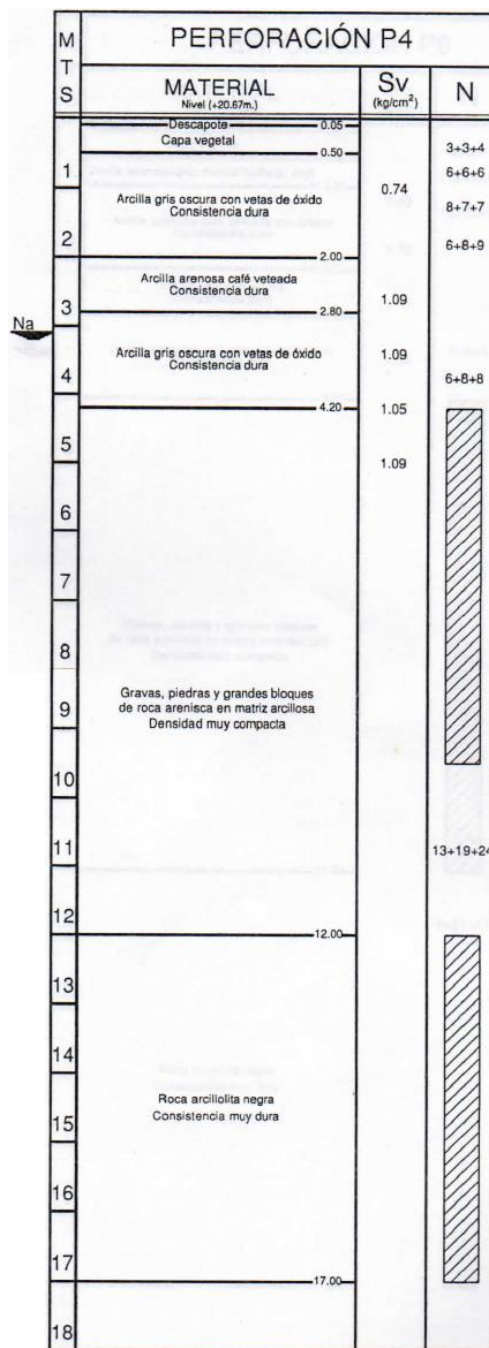
El Subsuelo se detectó agua libre a profundidades comprendidas entre 0,80 y 4,30m bajo la superficie, se presentan como ejemplos los perfiles estratigráficos de la perforación 2 y 4. Figura 22 y figura 23.

Figura 22 Perfil Estratigráfico



Fuente: (LTDA, 2013)

Figura 23 Perfil Estratigráfico



Fuente (LTDA, 2013)

5.1.7 Condiciones de estabilidad

Con base en la evaluación geotécnica se determinaron las siguientes condiciones de estabilidad.

El previo no presenta movimientos de masa o procesos erosivos de gran extensión y magnitud que permita calificar la zona como inestable, sin

embargo, la elevada susceptibilidad que presenta la región se debe principalmente a la presencia de un macizo rocoso de rocas blandas compuestas por arcillolitas arenosas que conforman un segmento de la formación de Simití. El Basamento rocoso y la presencia de laderas de media a alta pendiente hacen que la región se vea afectada en varios problemas de inestabilidad geotécnica. La roca tiene una estratificación hacia el noroccidente siendo favorable en términos de estabilidad.

5.1.8 Conclusiones y recomendaciones del apartado

En general se evidencia una tipología de suelo: de características de material iniciando por debajo de la capa vegetal, con una arcilla gris oscura con vetas de óxido, arcilla arenosa café veteada de consistencia dura, arcilla oscura con vetas de óxido de consistencia dura, grabas piedras y grandes bloques de rocas arenisca en matriz arcillosa con densidad muy compacta y por último una roca arcillosa negra con consistencia muy dura, considerándose como una zona estable con poco movimiento de tierra.

Se debe tener especial cuidado en las redes de acueducto y alcantarillado, evitando las fugas y en general la infiltración y concentración de aguas en interior del terreno, en todo momento y en especial durante la fase constructiva se recomienda un detallado monitoreo del terreno, para evaluar las zonas inestables y la ejecución de las medidas de control y mitigación, teniendo en cuenta que hay edificaciones aledañas.

Teniendo en cuenta la susceptibilidad de los depósitos superficiales y el deposito Coluvial, la fundición se llevará a nivel de la roca, iniciando con un muro de pantalla anclado a Caisson.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

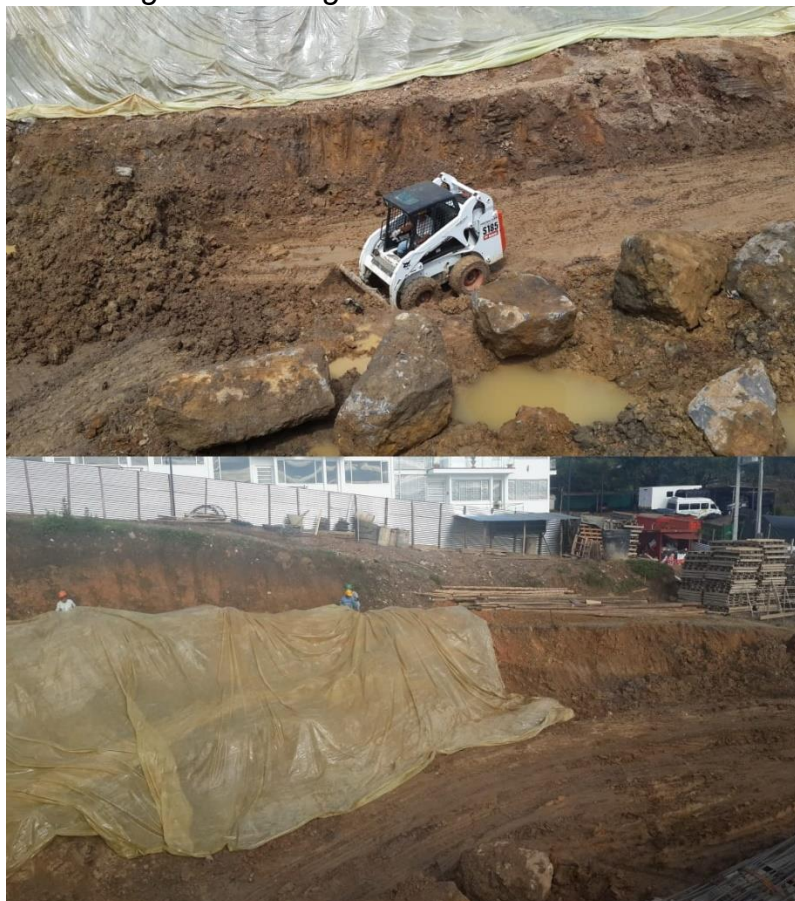
5.2.1 Excavación

Nota aclaratoria: Toda la información fue suministrada por la constructora proyecto de ingeniería y desarrollo, a cargo del Ingeniero Albeiro Ariza, quien es el propietario y quien estuvo a cargo siempre de la obra Portal de la Colina, verbalmente, toda la información está representada en la bitácora y grabaciones de voz.

El proyecto dio inicio en el año 2014 por la empresa Proyectos de ingeniería y desarrollo, con un área cuadra de $1141m^2$ Se utilizó para la excavación desarrollada por secciones, retroexcavadora sobre oruga Hitachi 130 con accesorio adicional, martillo hidráulico K1200 para 1 tonelada, para la evacuación de la tierra se utilizó mini cargador y volquetas tipo doble troque

de $14m^3$ el tiempo de dicha excavación fue de 14 meses con un promedio diario de 8 horas diarias trabajadas de lunes a sábado para un promedio de tiempo de excavación de 2304 horas, donde se utilizó una rampa para la evacuación de la tierra y las siguientes técnicas para la retención del suelo.

Figura 24 Fotografía inicio de excavación



Fuente: Albeiro Ariza

La evacuación del agua para el nivel freático se utilizaron dos Motobombas de extracción de 2 pulgadas, para la estación de verano se evacuaban 2.000 litros diarios de agua aproximados y para la estación de invierno un aproximado de 10.000 litros diarios de agua.

De acuerdo al análisis del estudio de suelo mencionado anteriormente y el análisis de las edificaciones aledañas, la metodología que utilizaron fue la técnica de Micropilotes, se hicieron perforación horizontal dirigida con taladro por debajo de la vía con una longitud de 30 metros y un diámetro de 10 pulgadas cada 60 centímetros, alcanzando a llegar a las casas aledañas por el constado norte oeste del terreno utilizando.

Para la técnica de Micropilote horizontal fue necesario adoptar medidas adicionales con respecto a las medidas tradicionales para asegurar el relleno completo del mismo y así dar una mejor estabilidad al suelo; estas consistieron en hacer un cierre total de la cabeza del Micropilote que se encuentra entre la armadura tubular y el terreno, equipada con la boquilla de inyección. Se comenzó la inyección llegando al fondo del tablero de 30 metros, se realizó a través de llenados de hormigón postensado.

Se hizo el Micropilotaje por secciones y posteriormente se armaban las tiras de pantallas de arriba hacia abajo, como apoyo adicional se utilizaron tubos petroleros anclados a las zapatas del sistema estructural y se postensaba, para abrazar los Micropilotes.

Figura 25 Fotografía 2014 Muros de pantalla



Fuente: Albeiro Ariza

Figura 26 Fotografía2 2014, Muros de pantalla



Fuente: Albeiro Ariza

Después de dos meses y medio se observó que este proceso no era efectivo ya que, al desarrollarse en la estación de verano el aire de los compresores se fue por las grietas del terreno. Se empezaron a ver afectaciones a la vía y 5 viviendas aleñadas haciendo un desplazamiento de 3 centímetros en la vía y dañando la fachada, levantando pisos y patios de las viviendas, este proceso tuvo unas pérdidas monetarias y de tiempo, con una pérdida aproximada de \$240.000.000 de pesos y tres meses de trabajo perdido, por tal razón se optó por cambiar el método.

La figura 27, se presenta una foto con señalización de flechas, mostrando la vía y casa afectadas.

Figura 27 Fotografía actual de las viviendas y vía que se afecto



Fuente: Propia

Posteriormente se siguió excavando y fundiendo los muros de pantalla y se implementó el método de Caisson, para este proceso de excavación o perforación, para la implementación del mismo, se utiliza maquinaria piloteadora tipo Kelly, se hace la perforación con una punta de broca reforzada, taladrando el suelo hasta llegar a la profundidad solicitada, con el diámetro requerido de 1,20m.

Figura 28 Piloteadora tipo kelly



Fuente: Cortequipos

Este proceso es adecuado para este estudio del suelo, ya que desde los 9 metros en campo de excavación hasta los 27 metros excavados se encontró conglomerado rocoso, que a su vez ayudó con la estabilización de los Caisson para el edificio Portal de la Colina.

Esta excavación para los caisson también se puede hacer manual con obrero y herramienta menor, después de los 1,5m de profundidad, se debe meter el equipo para detectar los gases y así determinar si es necesario meter una tubería con ventiladores para extraer y ventilar los gases llevándolos a la superficie.

Posteriormente se colocan las varillas verticales que arman el círculo, y luego, se le traslapan los anillos de refuerzo y se amarran unos con otros en los nudos o puntos de intersección con alambre blando. Para estos Caisson se utilizó formaleta de madera armada en círculo, y por último se aplicó el concreto premezclado con camiones mezcladores suministrados por la empresa Concremex. Una vez el concreto ha endurecido, se retiran las formaletas de madera para el primer anillo, repitiendo el proceso para los siguientes anillos.

Figura 29 Caisson



Fuente: <https://construccion.arquitectura.uniandes.edu.co/30ciment/30310-ca.htm>

Cuando se ha finalizado la construcción de los caisson, se continua con el armado de la canasta de refuerzo, esta ayuda con el refuerzo central principal del caisson a continuación, se utiliza un tuvo hasta llegar el fondo de la excavación, se bombea el concreto hasta llenar el caisson completamente.

Se profundizaron entre 22 metros y 27 metros, con diámetros de 1,20 metros cada uno y un espaciamiento entre caisson de 2m para un total de 37 caisson los cuales tuvieron una duración de fabricación de 8 meses con un costo total aproximado para la hechura de los mismos de \$580.000.000 pesos.

Esta excavación para la cimentación de aproximadamente 17 metros de profundidad, donde se encuentra el muro de pantalla están los 3 sótanos, un piso comercial, y los siguientes 14 pisos superiores que le dan un aproximado de 18.000 toneladas y $18.300m^2$ de área construida.

Figura 30 Fotografía proceso constructivo sótanos



Fuente: Albeiro Ariza

Figura 31 Fotografía proceso constructivo sótanos



Fuente: Albeiro Ariza

6. ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE LA EXCAVACIÓN DE LA OBRA

A continuación, se presenta un análisis de algunos de los costos y tiempos presentados para la excavación y estabilización de los sótanos del edificio portal de la Colina, rendimientos y tipos de maquinaria utilizadas.

Esta información referenciada en tablas es toda suministrada por la constructora proyecto de ingeniería y desarrollo, por medio del ingeniero Albeiro Ariza.

Tabla 4 Tiempo en horas, Maquinaria y equipo 2014

| Maquinaria y Equipo | horas diarias Maquinaria | Días por Mes | Cant Mes | total horas |
|--|---------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|
| Retroexcavadora Sobre oruga con Balde | 8 | 24 | 13 | 2304 |
| Mini Cargador | 6 | 24 | 15 | 2160 |
| Retroexcavadora Sobre oruga con Martillo K1200 | 5 | 24 | 3 | 360 |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración de los cálculos de tiempos en horas para la maquinaria del proyecto portal de la colina, tomando como referencia los valores dados por la constructora.

Tabla 5 APU Costo y rendimientos Maquinaria utilizada 2014

| APU Maquinaria utilizada | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|--------------------|---|--------------------------|-----------------------|---------------|
| Maquinaria y Equipo | Tipo | Costo por Hora | Tiempo total Horas | Capacidad de Carga (Kg) | *Capacidad de carga(m^3) | *Rendimiento por hora | Costo total |
| Retroexcavadora Sobre oruga con Balde | Hitachi ZX 130 | \$ 110.000 | 2640 | 15000 | 0,66 | 80 m^3 | \$253.440.000 |
| Mini Cargador | Bobcat S185 | \$ 35.000 | 2160 | 839.1 | 0,33 | 30m^3 | \$ 75.600.000 |
| Retroexcavadora Sobre oruga con Martillo K1200 | Hitachi ZX 130 | \$ 110.000 | 360 | Presión de trabajo para Fragmentar Roca | | 25m^3 | \$ 39.600.000 |
| | | | | 1849 -2275 PSI | | | |
| TOTAL Maquinaria amarilla | | | | | | | \$368.640.000 |

Fuente: Elaboración propia

*Se toma como referencia los rendimientos y capacidades de cada maquinaria y equipo de la página de los proveedores.

Figura 32 Retroexcavadora HitachiZX13



Fuente: (LECTURA SPECS, s.f.)

Figura 33 Bobcat S185



Fuente: (LECTURA SPECS, s.f.)

Figura 34 Martillo Hidráulico



Fuente: <https://www.marketbook.mx/listings/construction-attachment/for-sale/24819511/2021-breakall-k1200s>

*La información de la tabla 6 es suministrada por la constructora, costos en 2014 y volumen excavado

Tabla 6 transporte para evacuación de material 2014

| vehículo para extracción de tierra | Costo por viajes | Cantidad total de viajes | Capacidad de carga(m³) | Rendimiento por hora | Costo total | Volumen Terreo Excavado (m³) |
|---|---------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--|
| Volqueta Doble troque | \$ 30.000 | 3.600 | 14 | 3 viajes | \$108.000.000 | 50400 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, el valor de herramienta menor, la motobomba y el vibrador de concreto, es suministrado por la constructora

*En los rendimientos y capacidades de la motobomba se toma como referencia la página de proveedores

Tabla 7 Herramienta y equipo 2014

| Herramienta y/o Equipo: | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------|----------------------|---------------------|
| Descripción | Tipo | Cantidad | Vlr. Unitario | Vlr. Parcial |
| Herramienta Menor (%Mano de Obra) | Herramienta variada | 1 | \$8.000.000 | \$8.000.000 |
| Vibradores de concreto | Gasolina Honda 5.5HP Manguera 3.05m | 3 | \$3.000.000 | \$9.000.000 |
| Motobomba Master | *Caudal 2 X2 Autocebante Aluminio, motor gasolina 5.5hp 600litros/min 30mts | 6 | \$1.000.000 | \$6.000.000 |
| TOTAL Herramienta y/o Equipo: | | | | \$23.000.000 |

Fuente: Elaboración propia

*La tabla 8 es suministrada por la constructora

Tabla 8 Campamento 2014

| Descripción | Tipo | Unidad | Cantidad | Vlr. Unitario | Vlr. Parcial |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| Campamento de 50(m ²) | Recebo Subbase granular+ Transporte | M3 | 9 | \$ 50.378 | \$ 453.402 |
| | TABLA CHAPA (30x2CM) L=3M | ML | 168 | \$ 4.652 | \$ 781.536 |
| | TEJA ONDULADA FIBROCEMENTO No | UN | 24 | \$ 38.997 | \$ 935.928 |
| | VARA DE CLAVO (Ø4 -5cm) L=6 METROS. | ML | 35,7 | \$ 1.453 | \$ 51.872 |
| TOTAL Campamento | | | | | \$ 2.222.738 |

Fuente: Elaboración propia

El servicio de agua potable para este proyecto fue despreciable ya que se les otorgó permiso para utilizar el agua de un aljibe cercano

Tabla 9 Servicio de alquiler 2014

| Servicios de Alquiler | | | | |
|-----------------------------------|---------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| Descripción | Unidad | Vlr.Mes | Tiempo Meses | Vlr. Parcial |
| Formaleta metálica | Mes | \$8.000.000 | 15 | \$120.000.000 |
| Baño Portátil | Mes | \$180.000 | 15 | \$ 2.700.000 |
| Punto de luz | Mes | \$1.500.000 | 15 | \$ 22.500.000 |
| servicio internet | Mes | \$120.000 | 15 | \$ 1.800.000 |
| TOTAL Servicio de Alquiler | | | | \$ 147.000.000 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Contratos directos 2014

| Contratos Directos | | | | |
|---------------------------------|---|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Descripción | Tipo | Tarifa / Mes. | Tiempo (meses) | Total |
| Micropilotaje | Contrato Micropilotes de 10 Pul X 30m horizontales | \$80.000.000 | 3 | \$240.000.000 |
| Caisson | Contrato Hechura de Caisson de 37 Caisson Incados a 22m y 27m | \$64.285.714 | 7 | \$450.000.000 |
| TOTAL Contratos Directos | | | | \$690.000.000 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 10 es proporcionada por la constructora y el ingeniero, el cual informa el consto total y el tiempo de los contratos para la realización de dichos procesos.

Tabla 11 Mano de obra directa 2014

| Mano de Obra: | | | | | | |
|---------------|----------------|-------------|-----------------------|--------------|-----------|-------------------|
| Cuadrillas | Jornal Bas.Hr. | | Cantidad Cuadrillas | Tiempo Meses | Rend. Hr. | Vr. Parcial |
| Ayudante | 5 | \$1.000.000 | 8 | 12 | 0,16 | \$ 480.000.000,00 |
| Oficial | 1 | \$1.500.000 | | 12 | 0,16 | \$ 144.000.000,00 |
| | | | | | | |
| | | | Subtotal Mano de Obra | | | \$ 624.000.000,00 |

Fuente: Elaboración propia

Esta información es suministrada, por la constructora proyecto de ingeniería y desarrollo. En este apartado únicamente hace referencia a cuadrillas que intervinieron directamente en la cimentación.

Tabla 12 Materiales 2014

| Materiales: | | | | |
|-------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|-----------------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Vlr. Unitario | Vlr. Total |
| Acero Figurado y otros | Kg | 300000 | \$ 2.900 | \$870.000.000 |
| Alambre Negro Amarre | Kg | 5000 | \$ 3.500 | \$17.5000.000 |
| Tubo Petrolero | Und | 12 | \$ 180.000 | \$2.160.000 |
| Madera para formaleta y otros | MI | — | | \$35.000.000 |
| TOTAL Materiales | | | | \$ 924.660.000 |

Fuente: Elaboración propia

Nota aclaratoria: Estas cantidades de obra la suministro la constructora como apu global, los materiales, aceros y alambre, fue comprado y pagado a los vehículos tipo tracto mulá de 30Ton. Para la hechura del muro de pantalla, Caisson, vigas de amarre y zapatas. Estas cantidades no aplican al proceso constructivo de los micropilotes ya que la empresa encargada de dicho proceso los elaboro a todo costo.

Tabla 13 Concretos Proyecto portal de la Colina

| Concreto Mixer 3500psi | | | | |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Vlr. Unitario | Vlr. Parcial |
| Concreto Zapatas | m3 | 504 | \$360.000 | \$181.440.000 |
| Concreto Vigas Amarre Cimentación | m3 | 144 | \$360.000 | \$51.840.000 |
| Concreto 37 Caisson | m3 | 1025 | \$360.000 | \$369.081.845 |
| Concreto muro de pantalla | m3 | 515 | \$360.000 | \$185.400.000 |
| Servicio Bombeo concreto | m3 | 2188 | \$ 30.000 | \$65.646.820 |
| TOTAL Vlr Concreto | | | | \$853.408.665 |

Fuente: elaboración propia

La tabla 13 presenta las cantidades de concretos suministrados y utilizados por la constructora para la cimentación del edificio Portal de la Colina.

Tabla 14 Daños edificaciones aledañas

| <i>Daños Edificaciones Aledañas</i> | | | |
|--|--|-----------------------------|----------------------------|
| <i>Descripción</i> | <i>Cantidad Casas afectadas</i> | <i>Vlr. Unitario</i> | <i>Vlr. Parcial</i> |
| Arreglos varios, enchapes y pinturas de las casas afectadas por el micropilataje efectuado | 5 | \$ 1.000.000 | \$ 5.000.000 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 14 presentada por la constructora como precio global, hace referencia a las edificaciones aledañas afectadas por la hechura de los micro pilotes, en la cual se presentaron daños a fachadas y pisos. Estos arreglos los tuvo que asumir la constructora.

7. ANÁLISIS DE LAS NORMAS VIGENTES QUE APLICARON AL PROYECTO PORTAL DE LA COLINA

- Norma NSR10: Norma sismo resistentes colombianas
- Norma NTC1500: Comité de Instalaciones Hidráulicas NTC-1500 CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS
- Norma Técnica Colombiana NTC819, Electrotecnia Transformadores trifásicos auto refrigerados y sumergidos en líquido.
- Norma técnica de diseño ESSA (Electrificadora de Santander S.A) para calculo y diseño de sistemas de distribución.
- Obligación de los Municipios a incorporar la gestión del riesgo en sus normas de ordenamiento territorial (Ley 1523 de 2012).
- Obligación por parte de los urbanizadores de realizar estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa o inundación como requisito previo para obtener la licencia de urbanismo (Ley 9/97).
- Exigencia de contar con una interventoría para proyectos contratados con el Estado (Ley 80/93).
- Obligación de presentar proyectos arquitectónicos que tengan en cuenta a las personas en condición de discapacidad (Ley 1680/13).
- Exigencia de estudios arquitectónicos, geotécnicos, estructurales, no estructurales (Ley 400/97).
- Necesidad de contar con revisor estructural independiente y un supervisor técnico independiente en ciertos casos (Ley 1796/16).

8. CARACTERIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS ASOCIADAS A LA OBRA INCURRIENDO VARIACIÓN DE PRECIOS Y TIEMPO.

Factores que causen variación de precios puedan ser tales como, la profundidad de la excavación del sótano, variación en la estratigrafía del suelo en diferentes áreas, problemáticas en los botaderos por sobrecupo y normas ambientales, distanciamiento en el acarreo de la tierra excavada, entre otros.

8.1 Clima

Depende de la estación del año en la que se encuentre el proceso de excavación el clima juega un papel importante ya que si está en épocas lluviosas, esto causa una mayor utilización de bombas para la extracción del agua, a medida que se va excavando, además que el agua pueda provocar inundaciones, desplazamiento o expansión debido a la absorción del agua, así causando de manera directa un incremento expansivo para la evacuación de la tierra y el agua incurriendo en aumento de precios y tiempo.

8.2 Profundidad del sótano

Se debe tener claridad del diseño antes de empezar a excavar, la profundidad es uno de los factores de gran importancia ya que si varía la profundidad conlleva directamente a un aumento de tiempos y costos por razones como lo son: las operaciones del corte se deben hacer con más cuidado haciendo cambios en la rampa de evacuación para los vehículos tipo Volqueta, además de un aumento del material excavado y trabajo. En casos extremos el cambio de la metodología para este proceso.

8.3 Estratigrafía del suelo

Se debe tener una identificación detallada y eficaz de los suelos, ya que en algunos casos el estudio de suelos no es muy eficiente o presenta fallas y pueden aparecer estratos no registrados los cuales pueden crear una variación en los costos y tiempo del mismo, por motivos como lo son: un nuevo estudio de suelos, cambio de maquinaria si es pertinente y cambio de la metodología de excavación y cimentación para la edificación.

8.4 Botadero del material excavado

Al momento de definir el botadero, se debe realizar una identificación y ubicación de un terreno que cumpla con las normas ambientales, teniendo

una distancia prudente para que así el costo del flete del traslado sea menor, teniendo en cuenta que el terreno abastezca en su totalidad el material que alojara, además considerar si se necesita de maquinaria amarilla tipo Buldócer para extender el material. O en su defecto cambiar el botadero, pero trayendo consigo consecuencias como aumento de costos a los fletes por distancias y tiempo.

8.5 Otros factores

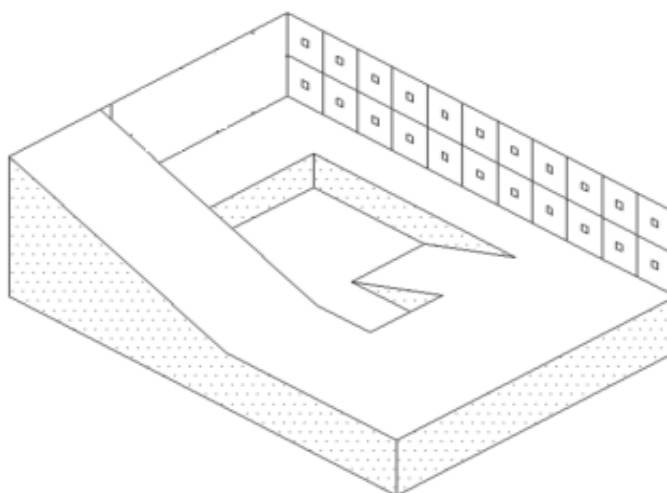
En el proceso de la obra de excavación se pueden ver identificadas diferentes contratiempos a los ya mencionados como lo pueden ser, daños de la herramienta menor, (Motobombas, compactadores de concreto, vibradores, entre otros) y daños en la maquinaria amarilla, también accidentes en la obra, incumplimiento en horarios laborales.

9. PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, MAQUINARIA Y COSTOS, DE LOS SÓTANOS DEL EDIFICIO PORTAL DE LA COLINA

Haciendo un análisis con respecto al tiempo y costo para la ejecución de los sótanos uno, dos y tres. Se presenta una propuesta para la solución de estas problemáticas evidenciadas en el edificio portal de la Colina.

La mejor metodología teniendo en cuenta el nivel de profundidad, el nivel de detalle, el tipo de material excavado y el grado de humedad. Para este terreno se estudia el perfil estratificado, las características geotécnicas de la zona, el nivel freático, el impacto que se tiene en las edificaciones aledañas y las cargas que soporta la cimentación.

Figura 35 Excavación en rampa



Fuente: (Barrios, 2011)

Paso 1 Descapote y limpieza del terreno

Se procede a excavar y retirar la capa vegetal o material orgánico a profundidad aproximada de 0,6m, para ser trasladado en las volquetas al botadero autorizado.

Paso 2 Excavación en rampa

Se opta por hacer una excavación con secciones de rampa para la evacuación de la tierra y material rocoso, para posteriormente ser cargado en las volquetas y así trasladar el material al botadero autorizado. La rampa no tiene dimensiones específicas, pero se debe tener en cuenta que un vehículo tipo doble troque y la retroexcavadora se pueda movilizar con facilidad.

El ángulo del talud de la rampa depende de la tipología del suelo, para evitar el derrumbe de la misma, para el caso de estudio de suelos de la zona se evidencia una arcilla seca y suelo rocoso, por lo tanto, es recomendable hacer la rampa con ángulo comprendido entre 30° a 50° como se presenta en la tabla 15.

Tabla 15 Ángulos para talud de rampa

| Naturaleza de la tierra | Angulo del talud |
|---------------------------------|------------------|
| Arena fina, seca | 10° a 20° |
| Arena fina, mojada | 15° a 25° |
| Grava media, ligeramente húmeda | 30° a 40° |
| Tierra vegetal húmeda | 30° a 45° |
| Tierra muy compactada | 40° a 50° |
| Guijarros, escombros | 40° a 50° |
| Marga seca | 30° a 45° |
| Arcilla seca | 30° a 50° |
| Arcilla húmeda | 0° a 20° |
| Rocas solida | 50° 90° |

Fuente: (Barrios, 2011)

Paso 3, Construcción muro de pantalla

El muro de pantalla contiene los empujes de tierra de la vía y las edificaciones aledañas como se presenta en la figura 36. Se va haciendo un muro de pantalla por secciones, teniendo en cuenta que la zanja quede limpia y sin material orgánico, en este proceso a medida que se va excavando y extrayendo el material de la zona, se va levantando la armadura en acero, la cual debe tener un hueco suficiente para la introducción de la tubería y posterior hacer el recubriendo en concreto de 3500psi, se coloca la formaleta metálica o de madera, para aplicar el hormigón a continuación, se va anclado a los caisson.

Figura 36 Terreno Antes de la Obra



Fuente: Google Maps

Al empezar a excavar se pierde estabilidad a la vía y las edificaciones aledañas, por ende, este muro de pantalla debe anclarse a los Caisson y como refuerzo adicional diagonalmente con “tubo petrolero”, pues este es económico y de gran resistencia para evitar el desplazamiento y pérdida de estabilidad del terreno.

El muro de pantalla anclado genera equilibrio con los empujes pasivos y se puede usar como estructura definitiva en los sótanos ayudando a controlar los riesgos hidráulicos. Este se va haciendo por secciones, se va excavando y armando el muro, dejando la rampa para la evacuación del material excavado.

Se debe considerar el tiempo y estación del año, para llevar un control de los niveles de agua, por motivos como lo son las propiedades del suelo y la extracción con motobombas del agua, para este caso se opta por motobomba de tres pulgadas, con rendimiento de 1000litros/min, reduciendo el tiempo de bombeo diario de agua y con un costo similar a la de dos pulgadas que se usó en el proyecto.

Paso 4 Construcción Caisson

De acuerdo a las variables de diseño del edificio Portal de la Colina, el peso del edificio y las condiciones de estabilidad del suelo, entre otros, para este proyecto se harán 37 Caisson Incados a profundidades comprendidas entre 22m y 27m, con una distancia entre ellos de 2 metros, según lo amerite, y vigas de amarre, este proceso es adecuado ya que generan una buena estabilidad, con respecto al estudio de suelos de la zona ya presentado, ya

que el muro se encuentra en constante empuje del terreno por el constado Nororiental como se evidencia en la figura 36. Este proceso ya mencionado se explica en el apartado 5.2.1 Excavación.

9.1 PRESUPUESTO PROPUESTO PARA EL AÑO 2021

Para el desarrollo de esta excavación teniendo de referencia los errores y fallos en el proyecto portal de la colina se presenta presupuestos con valores actuales y rendimientos de maquinaria.

Los equipos a utilizar para mejorar el rendimiento en tiempo y disminución de costo, iniciando por una retroexcavadora sobre oruga y mini cargador de mayor capacidad y tamaño similar, como se presenta en las siguientes tablas.

Figura 37 Retroexcavadora ZX200



Figura 38 Bobcat S205



Fuente: (LECTURA SPECS, s.f.)

(LECTURA SPECS, s.f.)

Tabla 16 Comparación entre maquinaria utilizadas y maquinaria propuesta, cálculo del rendimiento

| Maquinaria proyecto portal de la colina | Rendimiento por hora* | Tiempo total Horas | Maquinaria propuesta | Rendimiento por hora* | Aumento del rendimiento | Reducción tiempo por aumento de rendimiento | Reducción de 3 meses por remplazo de metodología |
|---|-----------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---|--|
| Hitachi ZX 130 | 80 m ³ | 2304 | Hitachi ZX 200 | 110 m ³ | 27,3% | 1673 | 1152 |
| Bobcat S185 | 30m ³ | 2160 | Bobcat S205 | 36,4m ³ | 17,6% | 1780 | 1296 |

Fuente: Elaboración Propia

*Las informaciones de los rendimientos se obtuvieron a partir de los fabricantes de cada maquinaria.

$$\text{Aumento del rendimiento} = \frac{\text{rendimiento por hora m}^3 \text{ ZX200}}{100\%} = \frac{\text{rendimiento por hora m}^3 \text{ ZX130}}{x}$$

$$\text{Aumento del rendimiento} = \left(\frac{110}{100\%}\right)\left(\frac{80}{x}\right)$$

$$x = 72,73\%$$

$$\text{Aumento del rendimiento} = 100\% - 72,73\%$$

$$\text{Aumento del rendimiento} = 27,3\%$$

$$(2304 - 27,3\%) - 3 \text{ meses}$$

$$(1673) - 521 \text{ horas}$$

$$(1673 \text{ h}) - 521 \text{ h}$$

$$1152 \text{ horas}$$

$$\text{Aumento del rendimiento} = \frac{\text{rendimiento por hora m}^3 \text{ Bobcat S205}}{100\%} = \frac{\text{rendimiento por hora m}^3 \text{ Bobcat S185}}{x}$$

$$\text{Aumento del rendimiento} = \left(\frac{36,4}{100\%}\right)\left(\frac{30}{x}\right)$$

$$x = 82,42\%$$

$$\text{Aumento del rendimiento} = 100\% - 82,42\%$$

$$\text{Aumento del rendimiento} = 17,58\%$$

$$(2160 - 17,58\%) - 3 \text{ meses}$$

$$(1780) - 521 \text{ horas}$$

$$(1673 \text{ h}) - 521 \text{ h}$$

$$1296 \text{ horas}$$

En la tabla 16. Se evidencia una reducción de tiempo por el aumento de rendimiento para la retroexcavadora de 27,3% y bobcat de 17,6% también la reducción de los tres meses de trabajo invertidos en la hechura de los micro pilotes. Dando un aproximado para la Hitachi ZX200 de 1152 horas de trabajo y para el Bobcat S205 de 1296 horas, estos valores van desde el inicio hasta el final de la excavación.

Tabla 17 Tiempo en horas, herramientas y equipos para la propuesta 2021.

| Herramientas y Equipo | horas diarias Maquinaria | Días al mes | meses | total horas |
|--|---------------------------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Retroexcavadora Sobre oruga con Balde | 8 | 24 | 6 | 1152 |
| Mini Cargador | 6 | 24 | 9 | 1296 |
| Retroexcavadora Sobre oruga con Martillo K1200 | 5 | 24 | 3 | 360 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17 se presentan los valores finales de los cálculos hallados anteriormente para el trabajo de la maquinaria.

Tabla 18 Rendimiento y costos Maquinaria y equipo 2021

| <i>Maquinaria y Equipo</i> | <i>Tipo</i> | <i>Costo por Hora</i> | <i>Tiempo total Horas</i> | <i>Capacidad de Carga (Kg)</i> | <i>Capacidad de carga(m^3)</i> | <i>*Rendimiento por hora</i> | <i>Costo total</i> |
|--|----------------|-----------------------|---------------------------|---|--------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Retroexcavadora Sobre oruga con Balde | Hitachi ZX 200 | \$120.000 | 1152 | 2000 | 0,8 | 110 m^3 | \$138.240.000 |
| Mini Cargador | Bobcat S205 | \$40.000 | 1296 | 929,9 | 0,4 | 36,4m^3 | \$51.840.000 |
| Retroexcavadora Sobre oruga con Martillo K1200 | Hitachi ZX 200 | \$120.000 | 360 | Presión de trabajo para Fragmentar Roca | | 25m^3 | \$43.200.000 |
| | | | | 1849 -2275 PSI | | | |
| TOTAL | | | | | | | \$233.280.000 |

Fuente: Elaboración propia

*Los rendimientos de maquinaria se extraen de la página directa de los proveedores y fabricantes.

La tabla 18 presenta el presupuesto, tiempos y rendimientos de la maquinaria Amarilla en la ciudad de Barbosa Santander, para la excavación de los sótanos. Los costos de alquiler de equipos fueron cotizados por el proveedor Edward Subieta, quien presta este servicio de alquiler en la ciudad de Barbosa Santander.

De acuerdo al estudio analizado, corresponde al tiempo de operación y ejecución de la excavación para los sótanos, teniendo en cuenta un arrendamiento de maquinaria con mayor capacidad y eficacia, generando una disminución de tiempo y costos, también se suprime el tiempo de operación, en la hechura de los micro pilotes, por consecuencia de que este proceso no sirve para la tipología de este terreno, además de encontrarse en el área de una zona residencial y sobre una vía.

Tabla 19 Transporte material excavado 2021

| vehículo para extracción de tierra | *Costo por viajes | Cantidad total de viajes | Capacidad de carga(m³) | **Rendimiento por hora | Costo total | Volumen Terreo Excavado (m³) |
|---|--------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------|--------------------|--|
| Volqueta Doble troque | \$50.000 | 3.600 | 14 | 4 viajes | \$180.000.000 | 50400 |

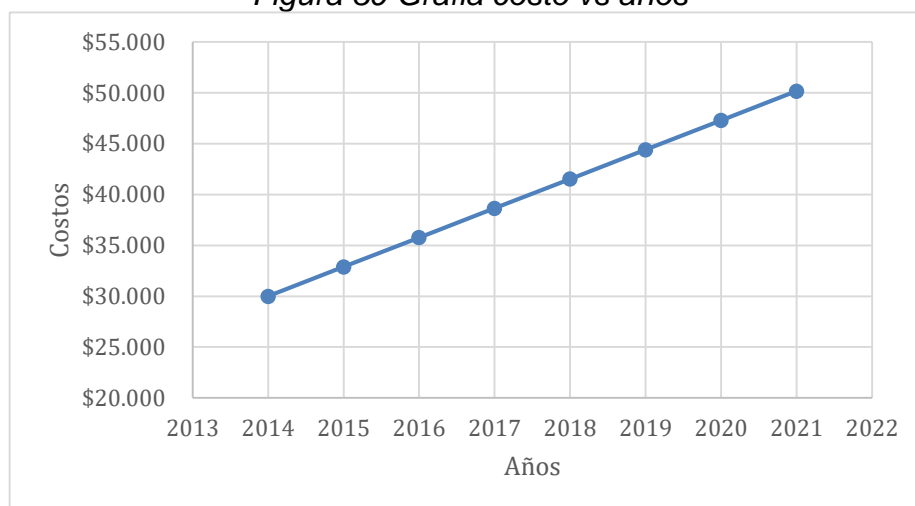
Fuente: Elaboración propia

*El costo del transporte por viaje ha sido cotizado en la ciudad de Barbosa Santander con diferentes proveedores.

**Para el rendimiento por hora, se tiene en cuenta el tiempo que tarda la retroexcavadora en excavar y replantar la tierra, para ser cargada con el Bobcat, también se considera el tiempo que gasta en el recorrido cada volqueta.

Se hace un estudio y cotización correspondiente al costo mínimo de los fletes actuales en vehículos comerciales tipo Volqueta Doble-Troque con capacidad de $14m^3$, para el transporte del material excavado, al botadero certificado y se evidencia que desde el año 2014 han tenido un incremento aproximado de 68%, con un incremento anual de 9,7%. El volumen de tierra excavado es el mismo al expuesto por la constructora, $50.400m^3$ para el proyecto portal de la colina, ya que el área de excavación y profundidad sigue siendo la misma en la propuesta presentada.

Figura 39 Grafia costo vs años



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra la cantidad de herramienta menor que se necesitaría para la propuesta. Se ha considerado mantener la cantidad y variedad propuesta por la constructora, presentada en la tabla 20, pero se actualizan valores al año actual y zona de trabajo.

*La motobomba propuesta se toma como referencia para los costos y rendimientos la página MercadoLibre con un proveedor acreditado.

Tabla 20 Herramienta y equipo 2021

| Herramienta y/o Equipo: | | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------|----------------------|---------------------|
| Descripción | Tipo | Cantidad | Vlr. Unitario | Vlr. Parcial |
| Herramienta Menor (%Mano de Obra) | Herramienta variada | 1 | \$11.976.000 | \$11.976.000 |
| Vibradores de concreto | Gasolina Honda 5.5HP Manguera 3.05m | 3 | \$3.299.000 | \$9.897.000 |
| *Motobomba Hyundai | Caudal 3X3 Autocebante Aluminio, motor gasolina 7hp 1000litros/min 30mts | 6 | \$1.000.000 | \$6.000.000 |
| TOTAL Herramienta y/o Equipo | | | | \$27.873.000 |

Fuente: Elaboración propia

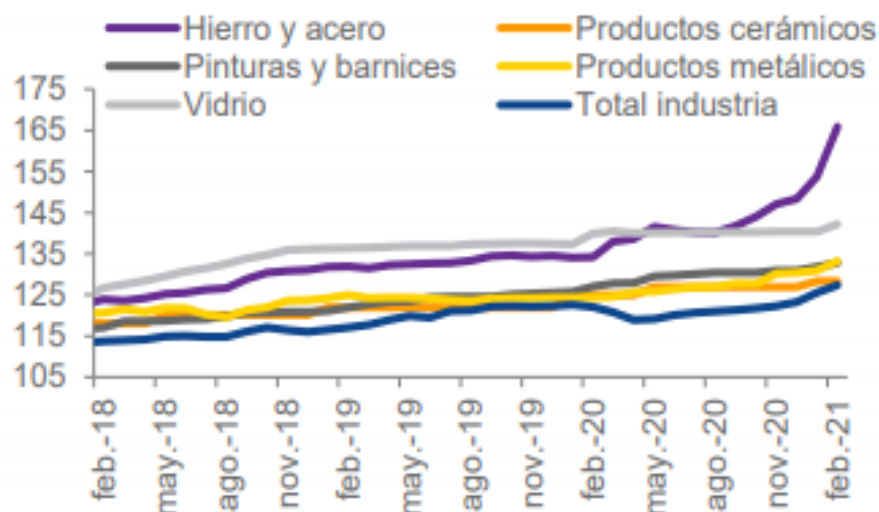
La herramienta menor comprende algunos de los siguientes instrumentos, Machetes, Sierras, Picas, Palas, Carretillas, Hachas, Barras, Martillos, Plomadas, nivel de manguera, Mazos, Decímetros, Flexómetros, Brújulas, Alicates, Escaleras, Escuadras, Taladros, Destornilladores, Cimbras, Caladora Broca, Macetas, Cincel, Plomadas, Bichiroque Barra, entre otros. Se presenta un costo global con respecto a las cantidades de obra, esta información se obtuvo por la constructora.

Para la metodología propuesta se mantiene el vibrador de concreto de 5,5hp con manguera de 3.05m, siendo adecuado para el proyecto y se propone utilizar dos Motobombas diarias hyundai con un caudal 3x3 y capacidad de 1000litros/min de bombeo de agua, estas dos mejoran los rendimientos en un 40% para la extracción de agua diaria de la zona excavada, agilizando el inicio de la obra diaria.

Se tiene en cuenta el estudio presentado por Grupo Bancolombia DANE, El hierro y el acero generan un incremento (23,6% a/a vs 14,7% a/a en enero) seguido por los materiales de ferretería (8,5% a/a), productos metálicos (7,1% a/a), para el año 2021 (Dirección de Investigaciones Económicas, 2021).

Adicionalmente se hace un estudio y cotizaciones en las ferreterías constituidas y avaladas en la ciudad de Barbosa Santander, sobre el precio actual e incremento anual de los materiales.

Figura 40 Grafica DANE costo vs tiempo



Fuente: Grupo Bancolombia, DANE

*Las cotizaciones que soportan la tabla 21, se encuentran en los anexos 2 y 3.

Tabla 21 Materiales propuesta 2021.

| Materiales: | | | | |
|-------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | *Vlr. Unitario | Vlr. Total |
| Hierro Figurado y otros | Kg | 300000 | \$5.000 | \$1.500.000.000 |
| Alambre Negro Amarre | Kg | 5000 | \$6.000 | \$30.000.000 |
| Tubo Petrolero | Und | 12 | \$306.000 | \$3.672.000 |
| Madera para formaleta y otros | MI | | | \$59.500.000 |
| TOTAL Materiales | | | | \$1.593.172.000 |

Fuente: Elaboración propia

Se manejan las mismas cantidades de obra presentadas por el proyecto portal de la colina, en especial el hormigón y el acero, pero se traen a valores actuales. Estas cantidades no aplican al proceso constructivo de los micropilotes ya que la empresa encargada de dicho proceso los elaboro a todo costo.

Según los estudios analizados y las cotizaciones hechas se evidencia que, en Colombia, se presenta un incremento promedio anual de 10%, tanto para maderas como para hierro y aceros, con un aumento total desde el año 2014, de un 70%, siendo para el año 2021, los costos presentados en la tabla 21.

Tabla 22 Concreto propuesta a costos 2021

| Concreto Mixer 3500psi | | | | |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Vlr. Unitario | Vlr. Parcial |
| Concreto Zapatas | m3 | 504 | \$ 386.431 | \$194.761.224 |
| Concreto Vigas Amarre Cimentación | m3 | 144 | \$ 386.431 | \$55.646.064 |
| Concreto 37 Caisson | m3 | 1025 | \$ 386.431 | \$396.179.629 |
| Concreto muro de pantalla | m3 | 515 | \$ 386.431 | \$199.011.965 |
| Servicio Bombeo concreto | m3 | 2188 | \$ 30.000 | \$65.646.820 |
| TOTAL Vlr Concreto | | | | \$911.245.702 |

Fuente: elaboración propia

En la tabla 22 se presentan las cantidades de concreto a costos actuales para presupuesto propuesto al año 2021, con la cotización realizada a la empresa Concremex, anexo 6. Se mantendrán las mismas cantidades de la constructora, ya que se conserva el mismo diseño y dimensionamiento para zapatas, vigas de amarre, caisson y muros de pantalla. Estas cantidades no aplican al proceso constructivo de los micropilotes ya que el contrato de dicho proceso se hizo a todo costo.

Tabla 23 Campamento 2021

| Descripción | Tipo | Unidad | Cantidad | Vlr. Unitario | Vlr. Parcial |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| Campamento de 50(m ²) | Recebo Subbase granular+ Transporte | M3 | 9 | \$85.643 | \$770.783 |
| | TABLA CHAPA (30x2CM) L=3M | ML | 168 | \$7.908 | \$1.328.611 |
| | TEJA ONDULADA FIBROCEMENTO No | UN | 24 | \$66.295 | \$1.591.078 |
| | VARA DE CLAVO (Ø4 - 5cm) L=6 METROS. | ML | 35,7 | \$2.470 | \$88.183 |
| TOTAL Campamento | | | | | \$3.778.655 |

Fuente: Elaboración propia

El campamento de 50m², es suficiente para almacenamiento, se toma como referencia apu detallado 2019, anexo 5

Se presenta la tabla 23 para la hechura del campamento y adicionalmente se cotizan costos en la ciudad de Barbosa, los cuales están en el mismo rango de precio del anexo 5.

Tabla 24 Mano de obra directo 2021

| | | | | | | |
|---------------|----------------|----------------|-----------------------|--------------|-----------|------------------|
| Mano de Obra: | | | | | | |
| Cuadrillas | Jornal Bas.Hr. | | Cantidad Cuadrillas | Tiempo Meses | Rend. Hr. | Vr. Parcial |
| Ayudante | 5 | \$1.531.475,00 | 8 | 9 | 0,16 | \$551.331.000,00 |
| Oficial | 1 | \$2.297.212,50 | | 9 | 0,16 | \$165.399.300,00 |
| | | | Subtotal Mano de Obra | | | \$716.730.300,00 |

Fuente: Elaboración propia

Se presenta la tabla 24, con la misma cantidad de personal de la constructora, por razón que las cuadrillas fueron eficientes para el proyecto, pero en la metodología propuesta, se presenta una disminución de tiempo de trabajo, debido a que se suprime la hechura de los micropiletes y se actualizan a costos actuales, donde se mantienen cuadrillas 1:5, para un total de 40 ayudantes, y 8 maestros, quienes estarán presentes desde el inicio hasta el final de la obra, haciendo funciones como la armadura de acero para los caisson, zapatas, vigas de amarre y muro de pantalla, también para el vertido de concreto y otras funciones en la hechura de los sótanos.

La nómina actualizada a 2021, tomando como referencia la página oficial del salario mínimo en Colombia, teniendo en cuenta las variables adicionales que cuestan un empleado y generándole un aumento al oficial de un 50% con respecto a la nómina de un ayudante.

Figura 41 Costo trabajadores SMMLV 2021

| Costo final de un trabajador con SMMLV de 2021 | | |
|--|-------|---------------------|
| | % | Valor |
| Salario mínimo | | \$ 908.526 |
| Auxilio de transporte | | \$ 106.454 |
| Salud | 8,50% | \$ 77.224 |
| Pensión | 12% | \$ 109.023 |
| ARL (nivel 1) | 0,52% | \$ 4.724 |
| Parafiscales | 9% | \$ 81.767 |
| Prima | 8% | \$ 75.680 |
| Cesantías | 8,33% | \$ 75.680 |
| Intereses cesantías | 1% | \$ 9.085 |
| Vacaciones | 4,17% | \$ 37.885 |
| Dotación aproximada | 5% | \$ 45.426 |
| Total | | \$ 1.531.474 |

Fuente: <https://www.salariominimocolombia.net/>

Tabla 25 Servicio de alquiler 2021

| Servicios de Alquiler | | | | |
|-----------------------------------|---------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| Descripción | Unidad | Vlr.Mes | Tiempo Meses | Vlr. Parcial |
| Formaleta metálica | Mes | \$ 10.160.000 | 9 | \$ 120.000.000 |
| Baño Portátil | Mes | \$ 228.600 | 9 | \$ 2.057.400 |
| Punto de luz | Mes | \$ 1.905.000 | 9 | \$ 17.145.000 |
| servicio internet | Mes | \$ 152.400 | 9 | \$ 1.371.600 |
| TOTAL Servicio de Alquiler | | | | \$ 140.574.000 |

Fuente: Elaboración propia

El consto del servicio de agua no se tiene en cuenta, ya que hay un aljibe de yacimiento de agua cercano el cual se puede utilizar como punto de agua y en esta zona se tiene permiso para hacer la utilización de la misma.

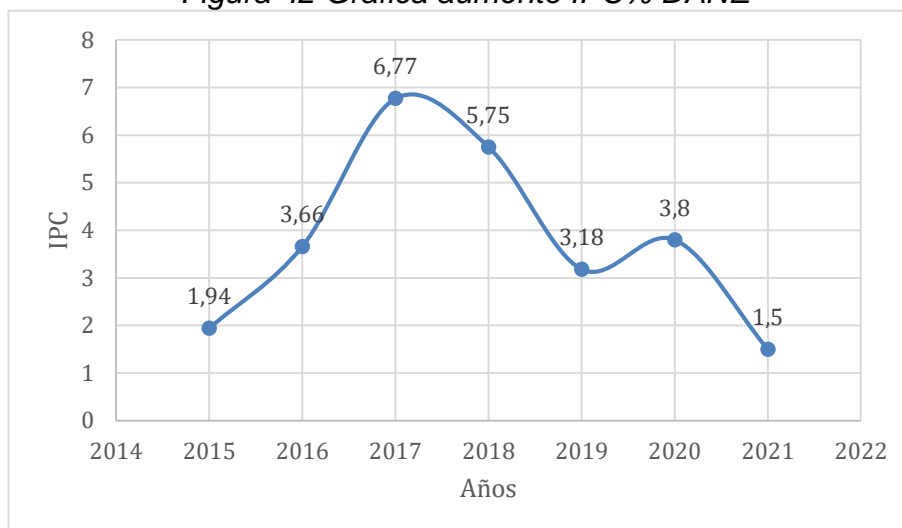
Para la tabla 25, los servicios de alquiler a precios actuales al año 2021, se toma como referencia el DANE con respecto al aumento anual del IPC desde el año 2014 que se desarrolló la obra y punto de referencia para el aumento de precios anual en Colombia, adicionalmente se hace una cotización en la región y se registra los precios para el alquiler de estos productos y servicios. Adicionalmente se cotizan los servicios públicos en la ciudad de Barbosa Santander.

Tabla 26 Aumento IPC(%) anual

| Año | IPC (%) |
|-------|---------|
| 2015 | 1,94 |
| 2016 | 3,66 |
| 2017 | 6,77 |
| 2018 | 5,75 |
| 2019 | 3,18 |
| 2020 | 3,8 |
| 2021 | 1,5 |
| Total | 26,6 |

Fuente: DANE

Figura 42 Grafica aumento IPC% DANE



Fuente: Elaboración propia

Consideraciones para la elaboración del presupuesto.

Longitud promedio del caisson 22m a 27m.

Diámetro promedio por anillo (m) 1,20.

Altura promedio por anillo (m) 0,10.

Tabla 27 Contratos directos para propuesta

| Contratos Directos caisson 22m a 27m | | | |
|---|----------|------------------|----------------|
| Promedio longitud | Cantidad | Vlr metro lineal | Total |
| 24,5 | 37 | \$ 736.106 | \$ 667.280.189 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 27 contratos directos, se toma como referencia el apu 2019 detallado (03-05-2019) en el anexo 4 y se genera un valor promedio para los caisson con profundidades comprendidas entre 22 y 27m.

10. COMPARATIVA DE COSTOS Y TIEMPOS

Se presenta comparativas trayendo las cantidades de obra del proyecto portal de la colina a costos actuales al año 2021 y la propuesta a mejorar con la metodología propuesta, determinando y comparando una disminución de tiempo y costos.

Nota: solo se tienen en cuenta para esta comparativa el presupuesto de los factores a cambiar.

Tabla 28 Comparativa Herramientas y Equipo, Proyecto portal de la Colina vs Metodología propuesta

| Herramienta y/o Equipo: | PROYECTO PORTAL DE LA COLINA | | | |
|-------------------------|---|----------|---------------|--------------|
| Descripción | Rendimiento | Cantidad | Vlr. Unitario | Vlr. Parcial |
| Motobomba Master | Caudal 2X2 Autocebante Aluminio, motor gasolina 5.5hp 600litros/min 30mts | 6 | \$ 1.000.000 | \$6.000.000 |
| METODOLOGÍA PROPUESTA | | | | |
| Motobomba Hyundai | Caudal 3X3 Autocebante Aluminio, motor gasolina 7hp 1000litros/min 30mts | 6 | \$ 1.000.000 | \$6.000.000 |
| Diferencia | Rendimiento de 400litros/min | | \$ - | \$ - |

Fuente: Elaboración propia

La información de la motobomba master es suministrada por la constructora del proyecto y la motobomba propuesta se toma como referencia para los costos y rendimientos la página MercadoLibre con un proveedor acreditado.

Se evidencia una diferencia de rendimiento de extracción y bombeo de agua 400litros/min, manteniendo el mismo precio, pero en otra marca de Motobomba.

Tabla 29 Comparativa Maquinaria y equipo proyecto, metodología propuesta, costo tiempo.

| Proyecto portal de la colina | | | | | |
|--|----------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| Maquinaria y Equipo | Tipo | Vlr. por Hora | Rendimiento por hora | Tiempo total Horas | Vlr Parcial |
| Retroexcavadora Sobre oruga con balde | Hitachi ZX 130 | \$ 120.000 | 80 m ³ | 2304 | \$ 276.480.000 |
| Mini Cargador | Bobcat S185 | \$ 40.000 | 30m ³ | 2160 | \$ 86.400.000 |
| Retroexcavadora Sobre oruga con Martillo K1200 | Hitachi ZX 130 | \$ 120.000 | 25m ³ | 360 | \$ 43.200.000 |
| Total | | | | 4824 | \$ 406.080.000 |
| Metodología propuesta | | | | | |
| Retroexcavadora Sobre oruga con balde | Hitachi ZX 200 | \$ 120.000 | 110 m ³ | 1152 | \$ 138.240.000 |
| Mini Cargador | Bobcat S205 | \$ 40.000 | 36,4m ³ | 1296 | \$ 51.840.000 |
| Retroexcavadora Sobre oruga con Martillo K1200 | Hitachi ZX 200 | \$ 120.000 | 25m ³ | 360 | \$ 43.200.000 |
| Total | | | | 2808 | \$ 233.280.000 |
| DIFERENCIA | | | | 2016 | \$ 172.800.000 |

Fuente: elaboración propia.

En la maquinaria, se evidencia una disminución de 6 meses de trabajo para la retroexcavadora con balde y el Bobcat. El martillo hidráulico se mantiene el K1200 y el mismo rendimiento, esta disminución de tiempo representan una reducción en costos de \$172.800.000. Como se muestra en la tabla comparativa 29.

Con respecto a la metodología de estabilización y cimentación, se hace una reducción de tres meses de trabajo y \$240.000.000 de pesos para la hechura de micropilotes optando desde el primer instante los caisson ya mencionados.

Adicionalmente un ahorro en los arreglos varios, enchapes y pinturas de las edificaciones aledañas afectadas, por consecuencia del micropilataje, generando una disminución de \$5.000.000 de pesos.

Los aceros, hierros, maderas y concreto para la obra, no tiene diferencia ni afectación, ya que se siguen manejando las mismas cantidades de obra y diseños para esta metodología, pero se traen a costos actuales.

Tabla 30 Comparativa nomina, Proyecto portal de la Colina vs Metodología propuesta

| | | | | | |
|------------------------------|----------------|----------------|---------------------|--------------|----------------|
| Mano de Obra: | | | | | |
| PROYECTO PORTAL DE LA COLINA | | | | | |
| Cuadrillas | Jornal Bas.Hr. | | Cantidad Cuadrillas | Tiempo Meses | Vr. Parcial |
| Ayudante | 5 | \$1.531.475,00 | 8 | 12 | \$ 735.108.000 |
| Oficial | 1 | \$2.297.212,50 | | 12 | \$ 220.532.400 |
| Subtotal Mano de Obra | | | | 12 | \$955.640.400 |
| Metodología Propuesta | | | | | |
| Cuadrillas | Jornal Bas.Hr. | | Cantidad Cuadrillas | Tiempo Meses | Vr. Parcial |
| Ayudante | 5 | \$1.531.475,00 | 8 | 9 | \$551.331.000 |
| Oficial | 1 | \$2.297.212,50 | | 9 | \$165.399.300 |
| Subtotal Mano de Obra | | | | 9 | \$716.730.300 |
| DIFERENCIA | | | | 3 | \$238.910.100 |

Fuente: Elaboración propia

La mano de obra para el proyecto se evidencia una disminución de 3 meses de trabajo, con la metodología propuesta generando un ahorro en costos de \$238.910.100 en los trabajadores implicados en la excavación y cimentación.

10.1 Análisis y resultados

Tabla 31 Ahorros, tiempo y costos

| Descripción | AHORROS | |
|-------------------------------|---------------------|----------------------|
| | tiempo meses | Costo |
| Maquinaria y Equipo | 6 | \$172.800.000 |
| Mano de Obra: | 3 | \$238.910.100 |
| Contrato Micropilotaje | 3 | \$270.000.000 |
| Arreglo edificaciones dañadas | 1 | \$5.000.000 |
| TOTAL | 6 | \$686.710.100 |

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la tabla 31, la reducción de tiempos y costos, comparando los precios actuales en la ciudad de Barbosa Santander.

Esta metodología propuesta da como resultado una disminución de 6 meses de trabajo en la excavación con maquinaria, remplazando la misma, por una con mayores capacidad y rendimiento. Como se expone anteriormente, se genera un ahorro de \$172.800.000 de pesos.

También se disminuyen 3 meses de trabajo para los obreros y maestros, generando un ahorro en nómina de \$238.910.100 de pesos, para la cimentación, adicionalmente se suprime la técnica de micropilotaje, reduciendo el contrato de \$240.000.000 de pesos y 3 meses de trabajo, ya que la técnica no fue efectiva, por las razones mencionadas anteriormente, asimismo el ahorro de los \$5.000.000 de pesos, invertidos en el arreglo de las edificaciones aledañas, afectadas por dicha técnica, dando un total un ahorro de \$686.710.100 de pesos de ahorro en el presupuesto.

CONCLUSIONES

La elaboración de este proyecto permitió identificar el mejoramiento de la práctica de excavación más adecuada, determinando la metodología de excavación en rampa, con un muro de pantalla anclado a caisson, para la estabilización del terreno basado en el caso de estudio en los sótanos del edificio Portal de la Colina, de acuerdo a la tipología del suelo y las edificaciones aledañas, como solución a las condiciones geotécnicas de la zona.

El empleo de la excavación en rampa para los muros de pantalla, en la estabilización del terreno ofrece ventajas económicas en relación con el tiempo de ejecución de la obra, evitando los sobrecostos para este caso específico, demostrado por medio de tablas comparativas, trayéndola a costos actuales del año 2021.

Se logró reunir la información para el proyecto portal de la colina, logrando dar una solución a las problemáticas presentadas en el proyecto, identificando la metodología más adecuada para el mismo, comparándola frente a las otras técnicas actuales de excavación tomando en cuenta costo beneficio y tiempo.

El escenario supuesto en donde se consideró motobombas para la extracción del agua, asimismo como maquinaria con mayor capacidad y eficiencia, para un mejor rendimiento con un costo similar por hora y así generando beneficios costo tiempo del proyecto ya mencionado, por lo cual se ve evidenciando una disminución de tiempo para la excavación y cimentación del terreno, con respecto a los equipos y maquinaria propuestos, por consiguiente una disminución en el tiempo de la mano de obra y adicionalmente el ahorro del remplazo en el contrato de Micropilotaje, técnica que no funciona al generar fallos en el desplazamiento de la vía y las casas aledañas, finalmente el ahorro del arreglo de las casas afectadas, dando como resultado una disminución de 6 meses de trabajo, los cuales representa un ahorro total de \$686.710.100 al año 2021.

En los proyectos de excavación, el control de riesgos y factores que puedan influir, es de gran importancia se consideró algunos de los posibles que incurran para la metodología propuesta, ya que puedan generar a trazos en la obra.

La metodología propuesta tiene una disminución en los riesgos de daños a las edificaciones aledañas por vibraciones en el terreno, y desplazamientos de tierras, se retiene por un muro de contención anclado a los caisson de considerable profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALÁ, B. C. (2017). *Análisis comparativo de rendimiento de costos entre dos máquinas en trabajos de excavación*. Lima.

ANGULO, I. S. (2017). *Análisis comparativo de métodos de diseño geotécnico de excavaciones profundas*. Mexico .

BARRIOS, L. R. (2011). *Metodología para la ejecución y control de excavaciones en sótanos*. Guatemala.

BAXTER, A. (2014). *RBKC Basements Basements in Gardens of Listed Buildings* .

CARRERA, D. G. (2015). *La excavación urbana y los edificios vecinos*. Barcelona

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, S. y. (2021). *Informe Sectorial – Construcción*. Grupo Bancolombia .

DONG, Y. (2014). *Advanced finite element analysis of deep excavation case histories*. Oxford.

E., L. G. (2012, 04 11). *Obra de un edificio, la causa del hundimiento en carrera 11 con 98*.

FRITZ, A. R. (2004). *Proyecto de muros de sótano, sometidos a cargas verticales originadas por pilares de fachada*. Madrid.

G.A., C. G. (n.d.). *Análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante el uso de muros anclados y calzaduras en la construcción de edificaciones*. Perú .

GRADO, C. D. (2019). *Conceptos básicos para la construcción de la propuesta para el trabajo de grado*. Bogotá D.C.

JAAFAR, M. Z. (2009). *Semi top and bottom up construction work in basement of tall building in kuala lumpur*.

LEÓN, J. R. (2013). *Valuación de costos de operación de maquinaria pesada de última generación*. Guatemala.

LIÑAN, C. R. (1988). *Sistemas de excavación y arriostramiento de las pantallas continuas de hormigón armado para la ejecución de sótanos* . Revista de Edificación .

LÓPEZ, J. D. (2012). *Aplicacion del muro de Milán como procedimiento constructivo para sótanos* . Mexico .

MANDY KORFF, J. C. (2012). *response of piled buildings to the construction of deep excavations*. IOS Press BV.

MARCEL, B. P. (2014). *Basement excavation*. London.

MAXORLANDO, C. H. (2018). *Empleo de un sistema de entibación mediante anclajes postensados temporales en un conjunto residencial con oficinas de 12 pisos en el distrito de la molina de Lima* .

MINISTERIO DEL TRABAJO (2014) *Guía trabajo seguro en excavaciones* (2019). *excavacion* . Bogota.

Montero, M. (2014). *CONSTRUCCIÓN Y DETALLE DE UN MURO PANTALLA Y UN MURO PANTALLA DE MICROPILOTES*. Bogota.

SAUCEDO, M. R. (n.d.). *Aspectos constructivos, consideraciones de diseño y monitoreo de muros anclados en excavaciones profundas*. Lima.

SOLIS, H. A. (2019). *Evaluación de muros pantalla y calzaduras para el control de la estabilidad*. JULIACA – Perú.


TORRES, G. F. (2015). *Modelamiento de muros anclados para la estabilizacion de excavaciones en la construccion del proyecto iswará del sector comercial del municipio de Barrancabermeja, Santander*. Bucaramanga.

VÁZQUEZ., O. d. (n.d.). *Alternativa para estructuración de sótanos múltiples de edificaciones sobre subsuelo compresible*. Anzures.

WALK, H. (2012). *Basement construction methodology*. London.

ANEXOS

Anexo 1 Bitácora

| BITÁCORA VISITA DE CAMPO | | |
|--------------------------|---|---|
| Fecha | Entrevistado | Tema tratado |
| 18-02-2021 | Albeiro Ariza | Recolección de información, planos |
| 03-01-2021 |  Antonio | Recolección de información, Registro |
| 11-03-2021 |  | Fotografico, Fotográfico |
| 11-03-2021 |  | registro |
| 05-04-2021 | Albeiro Ariza | información metablogia y tiempos |
| |  | de obra en la excavación |
| 09-04-2021 | Albeiro Ariza | información Costos y cantidades de obra |
| |  | |
| | | |

CS Escaneado con CamScanner

Para la bitácora hay grabaciones de voz y fotos de cada una de las reuniones y visitas de campo, cabe destacar que en la bitácora no están todas las reuniones.

[illegible]

Cotización valores aproximados para la ciudad de Barbosa Santander.



Anexo 3 Cotización Materiales Barbosa Santander

MATERCAS 
NIT. 5600118-3
Cel. 320 894 89 12

CUENTA DE COBRO
PEDIDO
COTIZACIÓN
REMISIÓN

☐
☒
☐

| MES | DÍA | AÑO |
|-----|-----|-----|
| 28 | 04 | 21 |

CLIENTE *Sebastián Castillo* TEL.
DIRECCIÓN

| CANT. | DESCRIPCION | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---------|--|--------------|-----------|
| Kg | Acero Figurado para flanges | \$5.000 | |
| Kg | Acero corrugado varilla 3/8 5/8 1/2 | 5.000 | |
| Kg | Alambre negro | \$6.000 | |
| UNB | Tubo petrolero | \$3.000 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| RECIBÍ. | TOTAL \$ | | |

Este documento se asimila a una letra de Cambio para todos los efectos legales. Artículo N° 774 del Código de Comercio

Anexo 4 Apu detallado Caisson

| APU | Componentes | Cód. | Cantidad Und. | Desp. | Valor Unitario | Valor Total |
|---|--|--------|---------------|------------|----------------|-------------|
| Caisson (AnilloConcreto+ciclopoa relleno) d=1.2 | 18483 | ML | | 736.106,11 | | |
| | ALUMBRADO PROVISIONAL | A 796 | 0,01 und | 0 | 261.965,56 | 1.833,76 |
| | Anillo contenc caisson e=0,10 dex=1.3 3000 | A11153 | 0,43 M3 | -5 | 891.247,68 | 383.682,13 |
| | ConcretoCiclopoa3.000 Sobrecim | A10668 | 1,01 m3 | -5 | 265.128,80 | 267.249,83 |
| | EXCAVACION ZANJA h=2M Material | A 28 | 1,34 M3 | 0 | 38.896,11 | 52.120,78 |
| | Trasiego m3 (2 Ayudantes) ** < 50.00 M | A10210 | 1,15 M3 | -20 | 10.414,47 | 11.997,47 |
| | MANILA 5/8" (POLIPROPILENO) | 2518 | 0,3 ML | 0 | 1.644,00 | 493,2 |
| | HERRAMIENTA MENOR % | 102487 | 5 % | 0 | 258.652,73 | 12.932,64 |
| | POLEA ANTIRETORNO Cuerda 13mm | 105883 | 0,02 und | 0 | 276.015,00 | 5.796,32 |

Fuente: www.idrd.gov.go

Anexo 5 Apu detallado Campamento

| APU | Componentes | Cód. | Cantidad Und. | Desp. |
|------------------|-------------------------------------|--------|---------------|-------|
| CAMPAMENTO 50 M2 | und | | 3.778.655,00 | |
| | Recebo Subbase granular+ Transporte | 102539 | 9 M3 | -20 |
| | TABLA CHAPA (30x2CM) L=3M | 943 | 168 ML | -5 |
| | TEJA ONDULADA FIBROCEMENTO No | 9421 | 24 UN | 0 |
| | VARA DE CLAVO (Ø4 -5cm) L=6 METROS. | 2672 | 35,7 ML | -2 |

Fuente: www.idrd.gov.go

Anexo 6 Cotización concreto

Concremex CONCRETOS S.A.S.
NIT. 900.684.724-3

COTIZADOR DE PREMEZCLADOS
Nº 3281

Fecha: 04/05/2021 MUNICIPIO: Barbosa, Sder

EMPRESA: _____ NIT: _____

CLIENTE O CONTACTO: Johan Sebastian Castillo TEL: 3106779378

DIRECCIÓN OBRA: _____ BARRIO: Tierra Prometida

NOMBRE DEL PROYECTO: Edificio Pisos CORREO ELECT: _____

TIPO DE OBRA: Edificio BOMBA SI ☒ NO ☐

P.S.I. 3500 B Fina V/M3 394.208 V/BOMBA Promoción V/TOTAL 394.208

P.S.I. 3500 B Comun. V/M3 386.431 V/BOMBA promoción V/TOTAL 386.431

CANTIDAD M3 _____ VALOR TOTAL \$ _____

Para efectos de consignación favor realizarla a nombre de CONCREMEX SAS en la entidad bancaria:
Bancolombia Cuenta corriente N° 55517477401 - Davivienda Cuenta Corriente N° 048669997297

Asesor comercial Laura Giraldo Tel: 3219425494

Dirección: carrera 10 N° 21-03 Barbosa Santander Tel 748 2748 - 310 8728520 310 8716978
ventas.concremexsas@gmail.com

Fuente: Concremex

FIRMAS DE ENTREGA Y ACEPTACIÓN



Firma Estudiante Firma Estudiante

Nombre: Johan Sebastián Castillo Quiroga

Código: 505961

Firma Asesor del Trabajo de Grado

Nombre: ing. Isabel Cristina Cerón Vinasco

FECHA ()